

Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie

Gegründet von GERHARD KRÜSS, fortgesetzt von RICHARD LORENZ

Unter Mitwirkung von

A. BENRATH-Aachen, NIELS BJERRUM-Kopenhagen, J. N. BRÖNSTED-Kopenhagen, F. W. CLARKE-Washington, A. CLASSEN-Aachen, W. EITEL-Berlin-Dahlem, FRANZ FISCHER-Mülheim-Ruhr, F. FOERSTER-Dresden, F. HABER-Berlin-Dahlem, G. VON HEVESY-Freiburg i. B., K. A. HOFMANN-Berlin-Charlottenburg, O. HÖNIGSCHMID-München, F. M. JAEGER-Groningen, E. JÄNECKE-Heidelberg, A. KLEMENC-Wien, R. KREMANN-Graz, N. S. KURNAKOW-Leningrad, W. MANCHOT-München, J. MEYER-Breslau, F. MYLIUS-Berlin-Charlottenburg, W. NERNST-Berlin, I. u. W. NODDACK-Berlin-Charlottenburg, FR. PANETH-Königsberg i. Pr., P. PFEIFFER-Bonn, W. PRANDTL-München, E. H. RIESENFELD-Berlin, A. ROSENHEIM-Berlin, O. RUFF-Breslau, R. SCHENCK-Münster i. W., A. SIEVERTS-Jena, A. STOCK-Karlsruhe i. B., A. THIEL-Marburg (Lahn), M. TRAUTZ-Heidelberg, C. TUBANDT-Halle, H. v. WARTENBERG-Danzig-Langfuhr, R. F. WEINLAND-Würzburg, L. WÖHLER-Darmstadt

herausgegeben von

G. Tammann
Göttingen

und

Wilhelm Biltz
Hannover und Göttingen



LEIPZIG - VERLAG VON LEOPOLD VOSS

Die Zeitschrift erscheint in zwanglosen Heften von verschiedenem Umfang. 4 Hefte bilden stets einen Band. Der Abonnementspreis beträgt pro Band Rm. 20.—

Porto: Inland Rm. —.60, Ausland Rm. —.80

Ausgegeben am 7. Februar 1931

Dieses Heft enthält das alphabetische Autoren- und Sachregister für die Bände 193—195. Bibliotheken, die Einbandkosten sparen wollen, werden gut tun, immer 3 Bände mit dem dazugehörigen Register zusammen binden zu lassen.

I n h a l t

Den Arbeiten ist in Klammern das Datum des Einlaufes bei der Redaktion beigelegt

	Seite
HORST LUCAS-Jena: Über die Intensitätsverhältnisse in den Spektren von Alkaligemischen und die Möglichkeit einer quantitativen Spektralanalyse dieser Elemente. Mit 9 Figuren im Text. (2. November 1930.)	321
E. W. MADGE-Birmingham Erdington: Bemerkung zur Arbeit von W. HERZ über Siedepunkte und Dampfdruckformeln organischer Flüssigkeiten. (4. Dezember 1930.)	338
GEORG V. HEVESY und ERIKA CREMER-Freiburg i. Br.: Über die Sulfate des Zirkoniums und Hafniums. Mit 2 Figuren im Text. (10. Oktober 1930.)	339
HORST SEEKAMP-Breslau: Über die Messung wahrer spezifischer Wärmen fester und flüssiger Metalle bei hohen Temperaturen. Mit 9 Figuren im Text. (11. November 1930.)	345
J. A. M. VAN LIEMPT-Eindhoven (Holland): Zur Theorie der Rekristallisation. Mit 14 Figuren im Text. (2. Dezember 1930.)	366
Register der Bände 193, 194 und 195	387

Bei der Redaktion eingegangene Arbeiten:

- P. ASKENASY und K. HEISE: Über die Herstellung und Untersuchung von Titanweiß. (10. Januar 1931.)
- O. RUFF und E. ASCHER: Einige physikalische Konstanten von SiF_4 , WF_6 und MoF_6 . (12. Januar 1931.)
- R. SCHWARZ und W. KLÖS: Beitrag zur Kenntnis des Kaolins. (15. Jan. 1931.)
- E. LARSSON und B. ADELL: Die Löslichkeit und Aktivität des Silberbenzoats und des Silberacetats in konzentrierten Salzlösungen. (15. Januar 1931.)
- W. GEILMANN und K. BRÜNGER: Zum Nachweis von Germanium. (15. Jan. 1931.)
- W. HIEBER und H. APPEL: Zur Kenntnis der Stabilitätsverhältnisse von Metallsalz-Komplexen mit organischen Molekülkomponenten. Zinkhalogenid-Verbindungen mit Aminen und ihre Bildungswärmen. (16. Januar 1931.)
- H. GINSBERG und G. HOLDER: Zur Kenntnis des Titanfluorkaliums K_2TiF_6 . II. (16. Januar 1931.)
- G. HÜTTIG und A. ARBES: Beiträge zur Kenntnis der Oxydhydrate. XXXVII. Das System Bariumoxyd/Wasser. (16. Januar 1931.)
- F. KRAUSS und H. STEINFELD: Beiträge zur Chemie des Rheniums. II. Die Bestimmung des Rheniums als Thalliumpererrhenat. (18. Januar 1931.)
- E. JÄNECKE: Über neue graphische Darstellungen von Mehrstoffmischungen bei phasentheoretischen Untersuchungen. (21. Januar 1931.)
- O. RUFF, F. EBERT und H. V. WARTENBERG: Schmelzdiagramme des Systems Zirkondioxyd-Berilliumoxyd. (22. Januar 1931.)
- H. V. WARTENBERG und W. GURR: Schmelzdiagramme hochfeuerfester Oxyde. III. (26. Januar 1931.)
- Z. KARAOGLANOV: Über den Mechanismus von Fällungsreaktionen. (27. Jan. 1931.)
- O. H. WAGNER: Über die wasserfreien Kupferhalogen-carbonyle. (28. Jan. 1931.)

Die Arbeiten werden in der Reihenfolge ihres Einlaufes abgedruckt, soweit nicht durch die Anfertigung von Figuren oder durch nicht rechtzeitige Rücksendung der Korrekturen Verzögerungen eintreten.

Über die Intensitätsverhältnisse in den Spektren von Alkaligemischen und die Möglichkeit einer quantitativen Spektralanalyse dieser Elemente¹⁾

Von HORST LUCAS

Mit 9 Figuren im Text

I. Einleitung

Im Hinblick auf das in der Medizin und in der technischen Chemie vorhandene Bedürfnis nach einer quantitativen Bestimmung des Mischungsverhältnisses von Natrium und Kalium in Salzen und Lösungen (z. B. Blut) erschien es wünschenswert, die Intensitätsverhältnisse der Na- und K-Linien unter den verschiedenen Anregungsbedingungen zu studieren, um ein Urteil zu gewinnen, wieweit für diese Frage die Anwendungsmöglichkeit der üblichen Methoden der quantitativen Spektralanalyse reichen. Die Schwierigkeiten sind in unserem Falle besonders groß aus folgenden Gründen:

Das Hauptanwendungsgebiet der quantitativen Spektralanalyse ist die Bestimmung kleiner Konzentrationen eines Elementes *A* in einer Grundsubstanz *B*. Bei den bei den Alkalien vorliegenden praktischen Fragen handelt es sich dagegen meist um fast gleiche Anteile von *A* und *B*. Weiter bietet die Linienarmut von Grundsubstanz und Zusatzsubstanz keine so reiche Auswahl von Linien, daß man z. B. das Verfahren von GERLACH und SCHWEITZER²⁾ anwenden könnte, bei dem die Gleichheit zweier Linien als Charakteristikum für ein bestimmtes Mischungsverhältnis gewählt wird.

Speziell auf dem Gebiete der quantitativen Bestimmung der Alkalien sind Arbeiten von F. A. GOOCH³⁾, R. L. v. KLEMPERER⁴⁾ und H. LUNDEGARDH⁵⁾ vorhanden. Sie benutzen — da sich der Funken

¹⁾ Jenaer Dissertation.

²⁾ W. GERLACH u. E. SCHWEITZER, Die chemische Emissions-Spektralanalyse. Leipzig, Leopold Voss, 1930.

³⁾ F. A. GOOCH u. T. S. HART, Am. Journ. of Sci. and Art III, 42, 448; 44, 392.

⁴⁾ W. HEMPEL u. R. L. v. KLEMPERER, Z. angew. Chem. 23 (1910), 1756.

⁵⁾ H. LUNDEGARDH, Die quant. Spektralanalyse der Elemente. Jena, Gustav Fischer, 1929.

als wenig geeignet erweist — als Lichtquelle die Flamme und zur Analyse das Kriterium der Intensitätsgleichheit einer bestimmten Linie für Vergleichslösung und Probe. Während F. A. GOOCH und L. v. KLEMPERER okular beobachten und die Intensitätsgleichheit schätzen, benutzt LUNDEGARDH die photographische Platte und bestimmt die Schwärzung der Linien mit dem lichtelektrischen Photometer.

Dem Übelstand der geringen Auswahl von Linien, der die Anwendung des GERLACH-SCHWEITZER'schen Verfahrens unmöglich macht, kann bis zu einem gewissen Grade durch stufenweise Abschwächung abgeholfen werden, derart, daß als Kennzeichen einer bestimmten Konzentration nicht die Gleichheit, sondern ein bestimmtes Intensitätsverhältnis genommen werden kann. Dadurch ist der zu beschreitende Weg des quantitativen photometrischen Vergleiches der Linienintensität in den in Betracht kommenden Lichtquellen (Bogen und Funke) gegeben.

II. Experimentelle Anordnung

I. Lichtquellen

Die Untersuchung beschränkt sich auf den Lichtbogen und den Funken.

a) Der Lichtbogen:

Der Kohlebogen entspricht der von SALB¹⁾ angegebenen Konstruktion; doch sind zur Feinjustierung der Elektroden noch besondere Vorkehrungen getroffen. Der Lichtbogen wird durch einen Luftwirbel zu einem Hohlzylinder auseinandergezogen. Auf diese Weise wird das Flackern und Hinaufklettern der Flamme an der oberen Elektrode verhindert. Zur Feinjustierung ist die untere Elektrode mit einem Gewindetrieb versehen, der eine Verschiebung derselben in vertikaler Richtung erlaubt. Die Fassung der oberen Elektrode sitzt zwischen zwei Schrauben und einem gefederten Bolzen und kann horizontal in jeder beliebigen Richtung verschoben werden. Dadurch ist eine leichte Zentrierung zur unteren Elektrode, die für ein gleichmäßiges Brennen des Bogens unbedingt erforderlich ist, gewährleistet.

Der Zylinder besteht aus dem widerstandsfähigen Durobaxglas der Firma Schott & Genossen.

Infolge der starken Verdampfung des Natriumchlorids und Kaliumchlorids füllt sich der Meßraum mit dem Dampfgemisch. Um

¹⁾ A. SALB, Phys. Ztschr. 24 (1923), 375.

in der Lampe reine Verhältnisse zu erhalten, wurde daher der Luftwirbel durch von draußen gepumpte Frischluft erzeugt. Die verdampfende Substanz schlägt sich an dem Glazyylinder nieder. Der Niederschlag des Salzstaubes kann indessen stark vermindert werden, wenn man den sauberen Zylinder vorher über der Flamme erhitzt.

Die Entfernung der Elektroden beträgt 2,5 cm. Als Elektrodenmaterial wird Kohle von einem Durchmesser von 10 mm verwendet. Die untere positive Kohle ist mit einem Spiralbohrer, dessen Durchmesser 6 mm beträgt, 4 cm tief ausgebohrt. In das Bohrloch wird die zu untersuchende Substanz eingestampft. Bei dieser Tiefe des Bohrloches beträgt die Brenndauer der Kohle für 50 Volt Elektrodenspannung und einer Stromstärke von 6 Amp. 1 Stunde.

Um einfache Versuchsbedingungen zu erhalten, wurde als Substanz Natriumchlorid und Kaliumchlorid genommen. Beide Salze haben

- | | | |
|--|------|-----------|
| 1. fast denselben Siedepunkt | KCl | 1415° C |
| | NaCl | 1439° C, |
| 2. annähernd die gleiche Verdampfungswärme | KCl | 43,1 cal |
| | NaCl | 44,3 cal. |

Die erforderlichen Mengen von NaCl und KCl wurden auf 1% genau gewogen und dann im Mörser gut zerkleinert und gemischt.

b) Der Funke

Als Funkenstrecke zwischen Lösungen wurde zuerst eine von A. DE GRAMONT¹⁾ beschriebene Apparatur verwendet. Der Funke springt zwischen zwei Flüssigkeitstropfen über, die an den Enden zweier Kapillaren entstehen. Die untere Kapillare taucht in die zu untersuchende Lösung ein. Die Flüssigkeitszufuhr beruht lediglich auf der Kapillarwirkung. Für große Entladungsenergien ist diese unzureichend, so daß der Funke direkt zu den Zuleitungsdrähten überspringt, wobei die Kapillaren meist zerbrechen.

Nach längerem Probieren erwies sich die in Fig. 1 dargestellte Elektrodenform am brauchbarsten. Durch Größe und Form der Elektroden ist eine gleichmäßige und genügend große Flüssigkeitszufuhr gewährleistet. Die Erweiterung A dient zum Ausgleich des Zuflusses. Da ein regelmäßiger Zufluß an frischer und ein ebensolcher Abfluß an verbrauchter Lösung vorhanden ist, sind Unsauberkeiten durch Abscheidungen des Salzes nicht zu befürchten. Eine einfache Einführung der Zuleitungen, die aus Platin sind, ist durch die Zylinder B gegeben. Der Hauptzweck derselben besteht jedoch darin, daß

¹⁾ A. DE GRAMONT, Compt. rend. 145 (1907), 1170.

durch sie kleine Glasbläschen, die sich an den Enden der Zuleitungsdrähte bilden, entweichen können.

Bei den zuerst benutzten Elektroden ohne diese Zylinder fand eine Ansammlung des Gases statt, die dann ein direktes Überspringen des Funkens zum Zuleitungsdraht bewirkte. Durch die plötzliche Ausdehnung des Gases erfolgt ein Zerspritzen der Flüssigkeit. Diese wird dadurch am Zulaufen verhindert, und der

Fehler kann meist erst durch Öffnen des Stromes wieder behoben werden, wodurch der Funkenübergang sehr unregelmäßig wird. Bei der Elektrodenform mit Zylindern ist dieser Übelstand vollständig behoben. Die nach vorne spitz zulaufenden Endstücke sind aus Quarz. Der Flüssigkeitstropfen überdeckt stets die ganze Spitze, und es findet nur ein Übergang von Flüssigkeit zu Flüssigkeit statt.

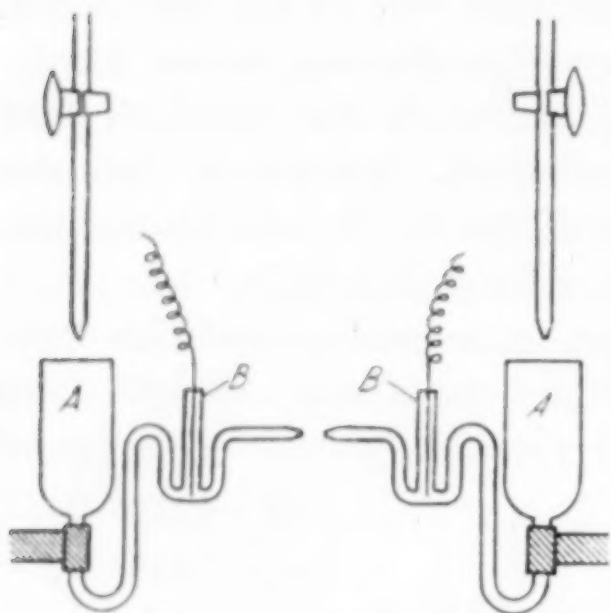


Fig. 1

Doveprisma behoben werden. Der Elektrodenabstand beträgt 3,5 mm. Die Elektroden lassen sich sehr gut auswechseln und reinigen. Die Zufuhr an frischer Lösung erfolgte von zwei 150 cm³ Lösung fassenden Reservoirs und konnte mittels zweier Glashähne leicht so reguliert werden, daß sie dem Verbrauch entsprach. Dieser beträgt für eine Belichtungszeit von 15 Minuten etwa 60 cm³.

Zur Erzeugung der Spannung dient ein Induktorium in Verbindung mit einem Quecksilberturbinenunterbrecher. Der Entladungskreis besteht aus Selbstinduktion, Kapazität und Funkenstrecke. Im kondensierten Funken kommen nur die Grundlinien des Spektrums von Na I und K I heraus. Im Funken ohne Kapazität im Entladungskreis sind bei längeren Belichtungszeiten auch noch die zwei ersten Glieder der beiden Nebenserien zu sehen. Der Übergang ähnelt auch äußerlich im Gegensatz zur kondensierten, scharf disruptiven Entladung etwas der Bogenform. Wegen des gleichmäßigen Brennens wurde schließlich nur diese Entladungsform gewählt.

Die Lichtquelle L_2 wurde durch einen Achromaten A_2 (Fig. 2) stigmatisch auf den Spalt des Spektrographen abgebildet. Dieser Achromat hat eine Irisblende, um die Intensität so zu schwächen, daß für die Vergleichslichtquelle und die zu untersuchende Lichtquelle die

gleichen Belichtungszeiten notwendig sind. Zu einer dauernden Kontrolle der Elektroden in bezug auf ihren gegenseitigen Abstand und ihre Lage zur optischen Achse wurden Funken und Bogen mittels des Objektives O_2 auf der vom Spektrographen abgewandten Seite vergrößert auf einem mit Millimeterpapier bespannten Schirm *Sch* abgebildet.

Die spektrale Zerlegung des Lichtes geschah mit einem fest-armigen Glasspektrographen der Firma Carl Zeiss. Bei diesem sind zwei ABBÉ'sche Prismen mit konstanter Ablenkung von 60° in der LÖWE'schen Anordnung¹⁾ aufgestellt, so daß die Gesamtablenkung null ist. Die Konstanten des Spektrographen sind:

Brennweite des Kollimators. = 310 mm

Brennweite des Kameraobjektives . . . = 620 mm

Öffnungsverhältnis des Spektrographen = 1:15

Die Dispersion beträgt für $\lambda = 7699 \text{ \AA}$ 110 \AA pro mm

$\lambda = 5896 \text{ \AA}$ 48 \AA pro mm

$\lambda = 4669 \text{ \AA}$ 21 \AA pro mm.

2. Vorrichtung zur Intensitätsmessung

Da die zu vergleichenden Linien um ein größeres Spektralintervall auseinanderliegen, innerhalb dessen die Empfindlichkeit der photographischen Platte sich stark ändert, mußte die Schwärzung mit einer Lichtquelle bekannter spektraler Intensitätsverteilung geeicht werden. Als solche diente der Kohlebogen mit denselben Graphitelektroden, die PATZELT²⁾ bei seiner Bestimmung der schwarzen Temperatur (3775° abs.) verwandte.

Der Kohlebogen hat gegenüber der vielfach gleichfalls zur Eichung verwandten Wolframlampe den Vorteil einer von der Belastung in weiten Grenzen fast unabhängigen Flächenhelligkeit, so daß auf eine besonders genaue Einstellung der Stromstärke kein Wert gelegt zu werden braucht.

Nach der Methode von HANSEN³⁾ wurde die Intensität des Bogens im ganzen Spektralbereich gleichzeitig in acht Stufen bekannten Intensitätsverhältnisses aufgenommen. Zu diesem Zwecke wird eine stufenförmige Blende mittels eines astigmatischen Systems so auf dem Spektrographenspalt abgebildet, daß die Intensitäten der Stufen ihrer Breite proportional sind. Voraussetzung für diese Anordnung ist Vignettierungsfreiheit der Abbildung und gleichmäßige Beleuchtung der Stufenblende. Die notwendigen Bedingungen hierfür sind von

¹⁾ F. LÖWE, Z. Instr.-Kunde 27 (1907), 273.

²⁾ F. PATZELT, Z. techn. Phys. 4 (1923), 66.

³⁾ G. HANSEN, Z. Phys. 29 (1924), 356.

SCHACHTSCHABEL¹⁾ und v. HIPPEL²⁾ berechnet worden. Die Breite der acht Stufen der benutzten Stufenblende befolgen das Gesetz:

$$b = 2^{1 + 0,8S} \quad (S \text{ von } 0 \text{ bis } 7),$$

wo S die Stufennummer bedeutet. Das Intensitätsverhältnis zweier aufeinanderfolgenden Stufen ist konstant

$$C = 2^{0,8} = 1,74.$$

Die Stufenblende würde gestatten, Intensitätsverhältnisse bis 1:48 zu messen.

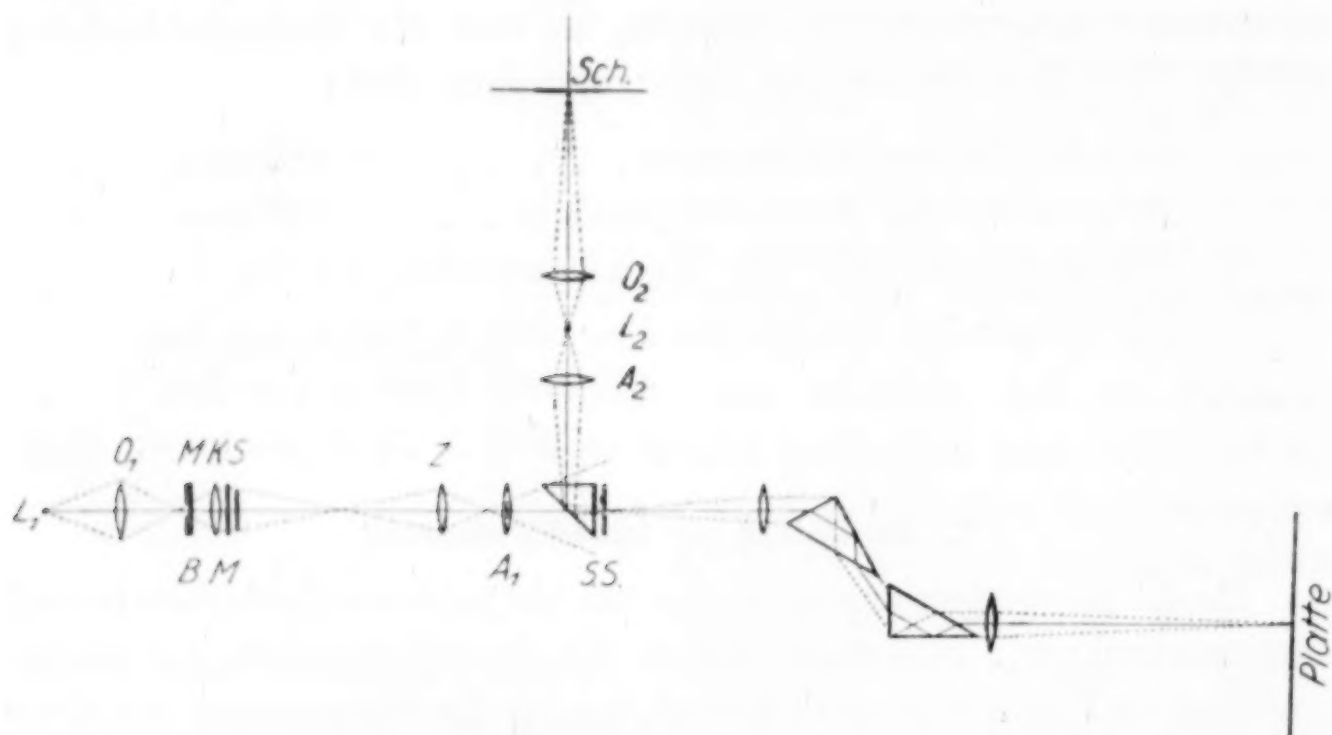


Fig. 2

Die Anordnung des optischen Systems für die Vergleichslichtquelle entspricht im übrigen der Stufenblendenanordnung von HANSEN (vgl. Fig. 2):

Lichtquelle L_1 — Kondensor O_1 — Mattscheibe M mit Blende B , um den negativen Krater des Bogens herauszublenzen — Kondensor K — Mattscheibe M — Stufenblende S — Zylinderlinse Z — Achromat A_1 — Spektrographenspalt SS . Die zwei Mattscheiben M vor der Stufenblende verursachen zwar einen großen Intensitätsverlust, sie sind aber notwendig, um eine gleichmäßige Ausleuchtung der Stufenblende zu erhalten.

III. Aufnahme und Auswertungsverfahren

I. Vorgang einer Aufnahme

Da es sich bei den ersten orientierenden Aufnahmen ergab (vgl. unten), daß im Bogen das Intensitätsverhältnis in den verschiedenen

¹⁾ K. SCHACHTSCHABEL, Ann. d. Phys. 81 (1926), 929.

²⁾ A. v. HIPPEL, Ann. d. Phys. 80 (1926), 672.

Zonen verschieden ist, wurde bei den späteren Aufnahmen der Lichtbogen vergrößert auf dem Spalt abgebildet und die zu untersuchende Zone herausgeblendet. Der Spalt wurde so breit wie möglich gemacht ($\frac{1}{5}$ mm).

Im allgemeinen wurden in Anbetracht des großen Spektralbereiches wegen ihrer gleichmäßigen Gradation Ilford-Panchromaticplatten benutzt. Ihre Rotempfindlichkeit reichte indes für den Vergleich der Resonanzlinien von Kalium und Natrium nicht aus. Es wurden daher für solche Aufnahmen teils selbst mit Dycianin A sensibilisierte Platten, teils Spezialplatten der Agfa benutzt, für deren Überlassung ich Herrn Prof. EGGERT bestens danke. Die letztere Plattensorte (Fabriknummer 5169 und 5189) war im langwelligen Rot so empfindlich, daß bei einem Mischungsverhältnis $K:Na = 2:1$ die roten Kaliumlinien so viel stärker geschwärzt waren als die Natriumlinien, daß sogar eine künstliche Schwächung des roten Spektralbereiches sowohl bei der zu untersuchenden als bei der Vergleichslichtquelle durch ein Filter von Kupfersulfatlösung erforderlich war. Die Belichtungszeiten betrugen beim Bogen 3 Minuten, beim Funken 15 Minuten.

Zunächst wurde auf eine Platte die zu untersuchende Lichtquelle aufgenommen. Auf dieselbe Platte wurde dann mit gleicher Belichtungszeit das kontinuierliche Spektrum des positiven Kraters einer Kohlebogenlampe mittels der oben beschriebenen Stufenblenden-einrichtung in acht verschiedenen Helligkeitsstufen aufgenommen.

Bei den Funkenspektren wurde, um die Intensitätsstufen wenigstens mit intermittierendem Licht zu erzeugen, eine rotierende Sektorblende eingeschaltet, die pro Minute ebensoviel Unterbrechungen gab, wie der Induktor (etwa 2000).

2. Auswertung

a) Messung der Intensität einer Spektrallinie

Durch mikrophotometrische Registrierung wurde die Schwärzung der zu messenden Linie und die der Vergleichsstufen für dieselbe Wellenlänge ermittelt. Zu diesem Zwecke wurde das Eichspektrum an der betreffenden Stelle in Richtung des Spaltes durchregistriert und die Photometerausschläge für die einzelnen Stufen als Funktion der Stufennummer aufgetragen, die ihrerseits mit dem Logarithmus der Intensität im linearen Zusammenhang steht. Die zu untersuchenden Spektrallinien wurden senkrecht zum Spalt photometriert. Die Intensität wird aus dem Maximum mit Hilfe der gewonnenen Eichkurve im Maße der Vergleichslichtquelle ermittelt.

Der maximale Photometerausschlag kann aber nur dann als Maß für die Intensität der Linie benutzt werden, wenn die Spaltbreite größer als die wahre Linienbreite ist. Die Linien sind dann homogen geschwärzte Flächen, deren Schwärzung ein Maß für die Intensität der Linie und unabhängig von der Intensitätsverteilung in der Linie ist. Die verwendeten Linien lagen spektral so getrennt, daß sie mit genügend breitem Spalt photographiert werden konnten. Der Photometerspalt war stets klein gegen den Spektographenspalt gehalten.

Ferner muß der Plattengrund berücksichtigt werden; denn die Schwärzung ist definiert als Logarithmus des Verhältnisses der Lichtmengen, die durch eine ungeschwärzte und eine geschwärzte Stelle der Platte hindurchgehen. Ist daher der Untergrund einer Linie geschwärzt, so ist er in Rechnung zu setzen. Es wurde der zu seiner Schwärzung gehörige Intensitätswert ermittelt und dieser von dem der Linie abgezogen.

Die so im Maße der Vergleichslichtquelle gemessene Intensität einer Spektrallinie ist von den durch die Wahl der Platte, des Entwicklers und der Belichtungszeit gegebenen Aufnahmebedingungen unabhängig. Haben z. B. die zu messenden Spektrallinie λ und die a -Stufe der Vergleichslichtquelle die gleiche Schwärzung, so wird an dieser Gleichheit nichts geändert, wenn statt einer mit Metolhydrochinon entwickelten hochempfindlichen Extra-Rapid-Platte eine weniger sensible, mit Rodinal behandelte panchromatische Platte verwendet wird; denn die Schwärzung der Linie und der Stufe werden in gleicher Weise beeinflusst.

b) Berechnung des absoluten Intensitätsverhältnisses zweier Spektrallinien

Besitzen zwei Spektrallinien λ_1 und λ_2 die gleiche Schwärzung wie die Stufen s_1 und s_2 an den entsprechenden Stellen des Vergleichsspektrums, so wäre die nächste Schlußfolgerung, daß das Intensitätsverhältnis den Wert

$$\frac{J_{\lambda_1}}{J_{\lambda_2}} = \frac{E_{\lambda_1}}{E_{\lambda_2}} \cdot 2^{0,8(s_1 - s_2)}$$

hat, wobei E_{λ_1} und E_{λ_2} die spezifischen Helligkeiten des Kohlebogens bei λ_1 und λ_2 bedeuten. Nach dem Strahlungsgesetz ist für $\lambda_1 = 4669 \text{ \AA}$ und $\lambda_2 = 5832 \text{ \AA}$

$$\frac{E_{\lambda_1}}{E_{\lambda_2}} = \frac{1}{1,65}.$$

Dazu kommt aber noch ein Korrektionsfaktor wegen der verschiedenen Dispersion des Spektographen, durch die die in einem blauen Spektralgebiet enthaltene Energie auf eine größere Fläche der Platte verteilt wird, als die in einem gleichgroßen roten Spektralgebiet. Man würde bei obiger Schlußweise für $\lambda_1 < \lambda_2$ das Intensitätsverhältnis λ_1/λ_2 zu groß messen, weil bei gleicher Dispersion das Kontinuum im blauen Teil stärker geschwärzt wäre, die Linie also mit einer niedrigeren Stufe in der Schwärzung übereinstimmen würde. Für $\lambda_1 = 4669 \text{ \AA}$

mit einer Dispersion von 21 Å pro Millimeter und $\lambda_2 = 5832$ Å mit 46 Å pro Millimeter beträgt der Korrektionsfaktor 1/2,2. Für das benutzte Beispiel ergibt sich:

$$\frac{J_{\lambda_1 = 4669 \text{ Å}}}{J_{\lambda_2 = 5832 \text{ Å}}} = \frac{2^{0,8(s_1 - s_2)}}{1,65 \cdot 2,2}.$$

Wegen der Abhängigkeit der Brennweite und mithin des Abbildungsverhältnisses von der Wellenlänge wäre für Linienspektren, bei denen die physikalische Breite kleiner als die des Spaltes ist, eine weitere Korrektur erforderlich. Der Umrechnungsfaktor für zwei zu vergleichende Linien λ_1 und λ_2 ist gleich dem Verhältnis der Flächen ihrer Spaltbilder oder gleich dem Quadrate des Verhältnisses ihrer linearen Vergrößerungen. Im kontinuierlichen Spektrum ist dieser Umrechnungsfaktor dagegen nur linear anzusetzen, da durch die Überdeckung der einzelnen Spektralgebiete in Richtung senkrecht zum Spalt ein Ausgleich vorhanden ist, so daß nur noch die Änderung der Breite des Spektrums mit der Wellenlänge bleibt. Da der benutzte Spektrograph Achromate besitzt, war diese Korrektur nicht erforderlich.

IV. Ergebnisse

I. Lichtbogen

a) Abhängigkeit der Intensitätsverhältnisse vom Emissionsort

Als erstes wichtiges Resultat ergab sich eine starke Abhängigkeit nicht nur der absoluten Intensität, sondern auch des Intensitätsverhältnisses von K- und Na-Linien von der Entfernung der leuchtenden Zone von den Elektroden. Um diese Abhängigkeit zu verfolgen, wurde der Bogen stigmatisch auf den Spalt abgebildet und jede Linie an mehreren Stellen in Abständen von 1 mm senkrecht zur Spalttrichtung photometriert. (Die näherliegende Photometrierung in Richtung des Spaltes wurde durch die bei Prismenspektrographen vorhandene Krümmung der Linien sehr erschwert, da die gebräuchlichen Registrierphotometer einen geradlinigen Plattentransport haben.)

In Fig. 3 ist als Beispiel die Abhängigkeit der Intensität der Na-Linie $5688 \text{ Å} = 2^2P_{3/2} - 4^2D$ und der K-Linie $5802 \text{ Å} = 2^2P_{3/2} - 4^2S_{1/2}$ von der Entfernung der Zone von der Anode aufgetragen. Wie er-

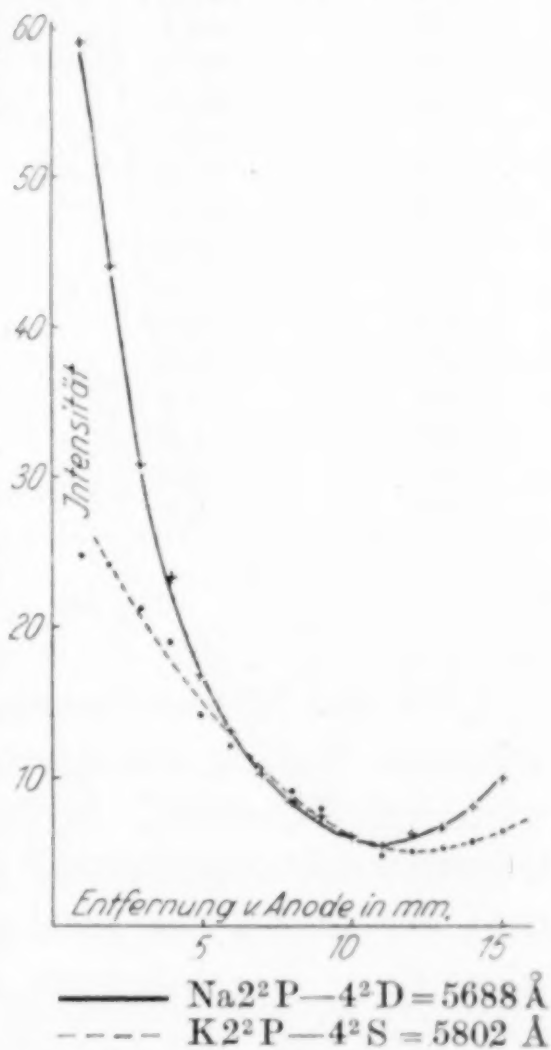


Fig. 3

sichtlich, ist die Anregung am stärksten in der Nähe der Anode und hat im mittleren Teil ein Minimum. Dieser Verlauf ist nach dem Photogramm bei allen Linien vorhanden. Ob die Unsymmetrie zwischen Anode und Kathode reell ist, muß offenbleiben, da man an die Anode wegen des starken Lichtes des Kraters nicht ganz nahe heran kann. (Meßwerte vgl. Tabelle 1.)

Tabelle 1

Entfernung von Anode in mm	Intensität		Intensitätsverhältnis	
	$2^2P = 4^2D$ Na	$2^2P = 4^2S$ K	$\frac{2^2P - 4^2D}{2^2P - 4^2S} = \frac{Na}{K}$	$\frac{2^2P - 4^2S}{2^2P - 4^2S} = \frac{K}{K}$
1	59,1	24,7	2,40	2,05
2	44,1	24,0	1,83	1,95
3	30,7	21,1	1,45	2,01
4	23,3	18,9	1,24	2,02
5	16,7	14,0	1,19	2,00
6	13,0	12,0	1,08	1,88
7	10,2	10,3	0,99	1,99
8	8,3	9,0	0,93	1,98
9	7,4	7,8	0,95	1,90
10	6,0	6,1	1,02	2,06
11	5,4	4,6	1,17	2,22
12	6,1	5,0	1,22	2,10
13	6,6	5,2	1,27	2,04
14	8,0	5,6	1,43	1,95
15	9,8	6,3	1,56	1,89
				2,00
				$\pm 10\%$

Für das Intensitätsverhältnis Na:K ergibt sich der in Fig. 4 gezeichnete Verlauf, der durch zahlreiche Aufnahmen belegt ist (Meßwerte vgl. Tabelle 1). In der Mitte, also im Bereich niedriger Elektronengeschwindigkeit und niedriger Temperatur, nimmt die Intensität der Linien des leichter anzuregenden Elementes zu, was den allgemeinen Vorstellungen über die Anregungsvorgänge durchaus entspricht (vgl. die Theorie von RUSSELL¹⁾) für die Dissoziation im thermischen Gleichgewicht.

Um sicher zu sein, daß die Verschiedenheit der Intensitätsverhältnisse in den einzelnen Bogenzonen nur durch die Änderung der Anregungsbedingungen hervorgerufen wird und nicht etwa ein Meßfehler ist, der durch die Zunahme der Intensität der einzelnen Linien bedingt ist, wurde für die verschiedenen Bogenzonen noch das Intensitätsverhältnis des K-Dubletts 5802/5782 Å gemessen. Dasselbe ist innerhalb der Meßgenauigkeit (10%) konstant gleich 2,0.

¹⁾ N. N. RUSSELL, Astrophys. Journ. 55 (1922), 120.

b) Die Reproduzierbarkeit der Entladungsbedingungen und die Abhängigkeit des Intensitätsverhältnisses der Na-K-Linien von der Atomkonzentration

Um eine Konstanz des Lichtbogens für eine quantitative Spektralanalyse zu erzielen, sind folgende Bedingungen notwendig:

1. Benutzung der gleichen Bogenzone.
2. Einhaltung der Bogenlänge.
3. Konstanz der Stromstärke und Spannung.

Um den Fehler, der durch die verschiedene Zonenintensität entsteht, zu verringern, wurde nun lediglich die Stelle des bei langem Bogen flachen Minimums des Intensitätsverhältnisses (vgl. Fig. 4) in der Nähe der Bogenmitte benutzt. Die Bogenlänge betrug 2,5 cm. Bei diesem Elektrodenabstand brennt der Bogen noch sehr ruhig, ohne abzureißen. Die Elektrodenspannung betrug stets 50 Volt, die Stromstärke 6 Amp.

Zur Messung der Konzentrationsabhängigkeit wurden folgende Mischungsverhältnisse hergestellt:

Atomprozent Na im Natrium-Kaliumgemisch 0,74, 3,6, 7,0, 13,1, 15,8, 23,2, 27,3, 32,8%.

Die zur Füllung der Kohlen erforderlichen Substanzmengen sind so groß, daß bei der Reinheit der verwendeten Kohle die darin enthaltenen Mengen an Natrium vernachlässigt werden können.

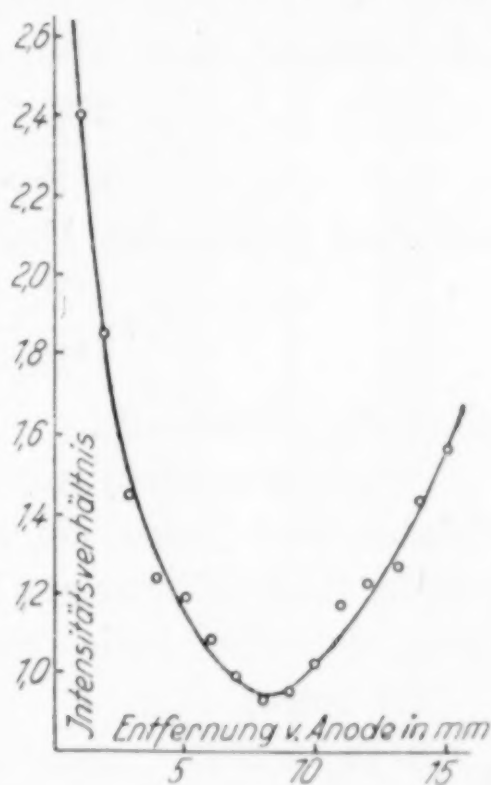
Um ein Maß für die Genauigkeit der Intensitätsmessung zu haben, wurde das Intensitätsverhältnis von Dubletts gemessen. Dasselbe muß ja für einfache ganz und für zusammengesetzte Dubletts im weiten Maße von den Anregungsbedingungen unabhängig sein. Es wurden gemessen:

$$K: \frac{2^2P_{3/2} - 5^2D}{2^2P_{1/2} - 5^2D} = \frac{5832 \text{ Å}}{5812 \text{ Å}}$$

$$K: \frac{2^2P_{3/2} - 6^2D}{2^2P_{1/2} - 6^2D} = \frac{5359 \text{ Å}}{5343 \text{ Å}}$$

$$K: \frac{2^2P_{3/2} - 4^2S}{2^2P_{1/2} - 4^2S} = \frac{5802 \text{ Å}}{5782 \text{ Å}}$$

$$K: \frac{2^2P_{3/2} - 5^2S}{2^2P_{1/2} - 5^2S} = \frac{5340 \text{ Å}}{5323 \text{ Å}}$$



$$\frac{Na}{K} = \frac{2^2P - 4^2D}{2^2P - 4^2S} = \frac{5688 \text{ Å}}{5802 \text{ Å}}$$

Konzentration = 7 Atomproz. Na

Fig. 4

$$\begin{array}{l} \text{Na: } \frac{2^2P_{3/2} - 4^2D}{2^2P_{1/2} - 4^2D} = \frac{5688 \text{ \AA}}{5682 \text{ \AA}} \quad \left| \quad \text{Na: } \frac{2^2P_{3/2} - 5^2D}{2^2P_{1/2} - 5^2D} = \frac{4983 \text{ \AA}}{4979 \text{ \AA}} \right. \\ \text{Na: } \frac{2^2P_{3/2} - 6^2D}{2^2P_{1/2} - 6^2D} = \frac{4669 \text{ \AA}}{4665 \text{ \AA}} \end{array}$$

Das Intensitätsverhältnis ergab sich auf 34 Aufnahmen innerhalb der Meßgenauigkeit = 2. Die maximalen Abweichungen erreichen nur selten 10%.

Vergleicht man das Intensitätsverhältnis von Linien, deren obere Terme annähernd die gleiche Anregungsspannung haben — wie z. B. bei Kalium der 4S und der 4D-Term — aber Glieder verschiedener Serien sind, so zeigt es sich, daß diese auch innerhalb der Meßgenauigkeit konstant sind. Hier ergibt sich für

$$K: \frac{2^2P_{3/2} - 4^2S}{2^2P_{3/2} - 5^2D} = \frac{5802 \text{ \AA}}{5832 \text{ \AA}} = 1,82$$

mit einer maximalen Abweichung von 9,3% und

$$K: \frac{2^2P_{3/2} - 6^2D}{2^2P_{3/2} - 5^2S} = \frac{5359 \text{ \AA}}{5340 \text{ \AA}} = 1,22$$

mit 4,1% (Tabelle 2).

Dagegen ergaben solche Linien, deren Ausgangsniveaus sehr verschieden hoch liegen, ein von den Betriebsbedingungen und Schwankungen stark abhängiges Intensitätsverhältnis. Dazu gehören auch Linien derselben Serie (Meßwerte vgl. Tabelle 2).

Es betrug für:

$$\begin{array}{l} K: \frac{2^2P_{3/2} - 5^2D}{2^2P_{3/2} - 6^2D} = \frac{5832 \text{ \AA}}{5359 \text{ \AA}} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{bei einem Mittelwert von 1,17 die} \\ \text{maximale Abweichung 27\%} \end{array} \right. \\ \text{Na: } \frac{2^2P_{3/2} - 4^2D}{2^2P_{3/2} - 5^2D} = \frac{5688 \text{ \AA}}{4983 \text{ \AA}} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{bei einem Mittelwert von 5,50 die} \\ \text{maximale Abweichung 23\%} \end{array} \right. \\ \text{Na: } \frac{2^2P_{3/2} - 4^2D}{2^2P_{3/2} - 6^2D} = \frac{5688 \text{ \AA}}{4669 \text{ \AA}} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{bei einem Mittelwert von 20,0 die} \\ \text{maximale Abweichung 39\%} \end{array} \right. \\ \text{Na: } \frac{2^2P_{3/2} - 5^2D}{2^2P_{3/2} - 6^2D} = \frac{4983 \text{ \AA}}{4669 \text{ \AA}} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{bei einem Mittelwert von 3,8 die} \\ \text{maximale Abweichung 23\%} \end{array} \right. \end{array}$$

Dies deckt sich mit der vielfach beobachteten Tatsache, daß der Intensitätsabfall in einer Serie im Gegensatz zu den Intensitätsverhältnissen der Multipletts in hohem Grade von den Anregungsbedingungen abhängig ist. Die Konstanz dieser Anregungsbedingungen ist im Lichtbogen auch bei peinlicher Einhaltung der Versuchsbedingungen nur in gewissen Grenzen zu erreichen. Die Empfindlichkeit

des Intensitätsverhältnisses dieser Linien ermöglicht andererseits gerade eine Kontrolle der Anregungsbedingungen (vgl. unten), von der GERLACH Gebrauch macht.

Tabelle 2

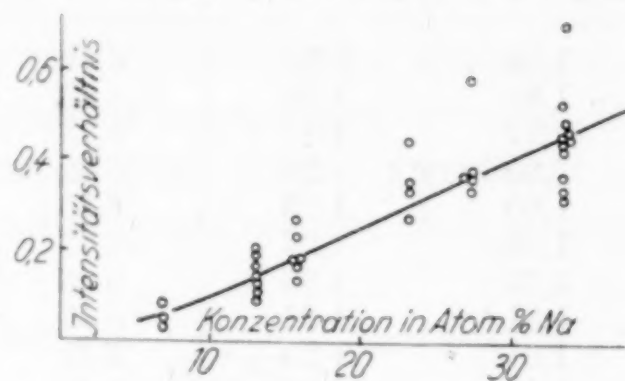
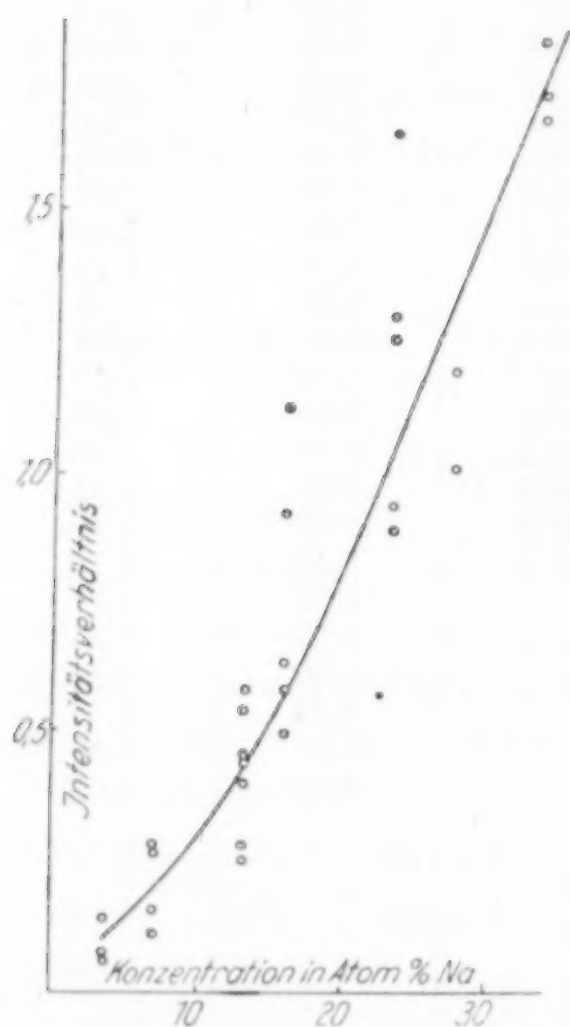
K 2^2P-4^2S 2^2P-5^2D	K 2^2P-6^2D 2^2P-5^2S	Na 2^2P-4^2D 2^2P-5^2D	Na 2^2P-4^2D 2^2P-6^2D	Na 2^2P-5^2D 2^2P-6^2D	K 2^2P-5^2D 2^2P-6^2D
1,96	1,26	6,48	16,9	3,03	0,98
1,92	1,23	5,40	19,1	3,56	1,05
1,97	1,17	6,78	12,3	4,13	1,12
1,80	1,26	5,22	18,4	4,13	1,16
1,90	1,23	6,16	19,7	4,66	1,43
1,68	1,25	4,73	18,9	3,23	1,20
1,93	1,25	6,39	16,8	3,98	1,38
1,81	1,21	5,12	26,6	3,89	1,21
1,91	1,23	5,78	21,1	3,56	1,49
1,82	1,25	5,45	23,2	3,58	1,24
1,69	1,23	6,73	21,3	4,23	1,01
1,75	1,20	5,49	24,0	3,74	1,03
1,80	1,22	4,30	20,0	4,00	1,07
1,84	1,22	4,83	16,0	3,25	1,07
1,70	1,22	6,16	18,2	3,49	1,40
1,78	1,25	4,29	25,2	3,82	1,23
1,96	1,26	4,64	21,6	3,32	1,18
1,79	1,22	4,37	22,4	3,49	1,10
2,00	1,25	6,18		3,05	1,11
1,80	1,25	6,35		3,56	1,14
1,96	1,21	5,73		4,00	1,16
1,84	1,20	5,31		4,42	1,18
1,94	1,23	5,97		4,04	1,16
1,85	1,19	5,54		4,42	1,03
1,67	1,19				
1,80	1,19				
1,97	1,24				
1,93	1,19				
1,65	1,18				
1,76	1,21				
1,67	1,22				
1,65	1,22				
	1,19				
1,82 $\pm 9,3\%$	1,22 $\pm 4,1\%$	5,50 $\pm 23\%$	20,0 $\pm 39\%$	3,80 $\pm 23\%$	1,17 $\pm 27\%$

Die Inkonstanz der Anregungsbedingungen macht sich noch in viel stärkerem Maße bei den Intensitätsverhältnissen von Linien verschiedener Elemente bemerkbar. Es wurden gemessen:

$$\frac{Na}{K} = \frac{2^2P_{3/2} - 5^2D}{2^2P_{3/2} - 5^2D} = \frac{4983 \text{ Å}}{5832 \text{ Å}} \quad \left| \quad \frac{Na}{K} = \frac{2^2P_{3/2} - 6^2D}{2^2P_{3/2} - 6^2D} = \frac{4669 \text{ Å}}{5359 \text{ Å}} \right.$$

$$\frac{Na}{K} = \frac{2^2P_{3/2} - 4^2D}{2^2P_{3/2} - 4^2S} = \frac{5688 \text{ Å}}{5802 \text{ Å}}.$$

Die maximale Abweichung des Intensitätsverhältnisses beträgt 50% des Mittelwertes. Trotz dieser großen Schwankungen ist eine deutliche Abhängigkeit von der Konzentration festzustellen (vgl. Fig. 5, 6, 7). Infolge des großen Bereiches, der von den Eichpunkten bedeckt wird, läßt sich bei der Analyse eines unbekannten Gemisches auf Grund einer einzigen Aufnahme nur sagen, daß der Natriumgehalt zwischen 3,5 und 7% oder zwischen 7 und 15% oder zwischen 15 und 30% liegt.

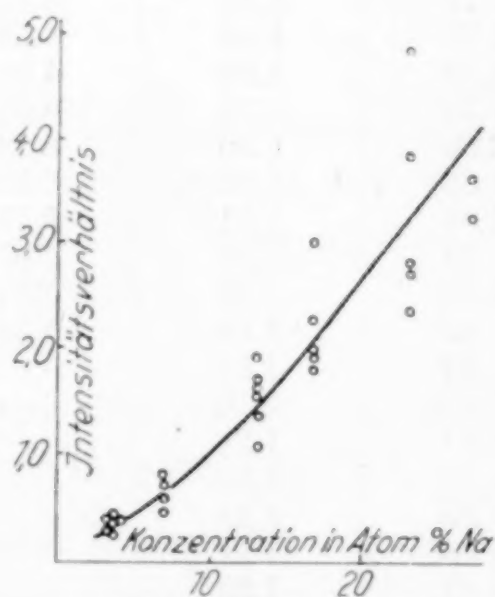


$$\frac{\text{Na}}{K} = \frac{2^2\text{P} - 6^2\text{D}}{2^2\text{P} - 6^2\text{D}} = \frac{4669 \text{ \AA}}{5359 \text{ \AA}}$$

Fig. 5

$$\frac{\text{Na}}{K} = \frac{2^2\text{P} - 5^2\text{D}}{2^2\text{P} - 5^2\text{D}} = \frac{4983 \text{ \AA}}{5832 \text{ \AA}}$$

Fig. 6



$$\frac{\text{Na}}{K} = \frac{2^2\text{P} - 4^2\text{D}}{2^2\text{P} - 4^2\text{S}} = \frac{5688 \text{ \AA}}{5802 \text{ \AA}}$$

Fig. 7

Werden die für eine bestimmte Konzentration gemessenen Intensitätsverhältnisse gemittelt, so ergeben sich für diese Mittelwerte in Abhängigkeit von der Konzentration Kurven, die einen annähernd linearen Zusammenhang erkennen lassen.

Eine wesentliche Verbesserung wurde dadurch erreicht, daß nach dem Vorgang von GERLACH die obenerwähnten empfindlichen Linienpaare desselben Elementes als Kontrolle für die Anregung benutzt und nur solche Aufnahmen berücksichtigt wurden, bei denen die

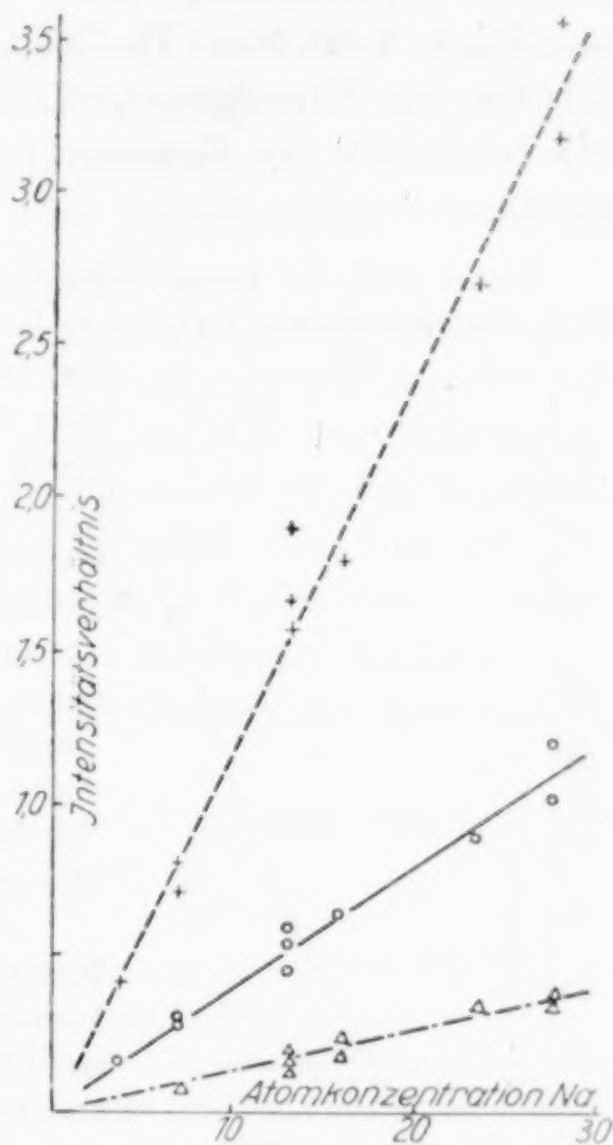
Intensitätsverhältnisse dieser empfindlichen Linien dieselben sind. Auf diese Weise ergeben sich Punkte, die von einer glatten Kurve wenig herausfallen (Fig. 8). Aus den Abweichungen dieser Meßpunkte bei Mischungsverhältnissen bis zu 1:3 ist auf eine maximale Fehlergrenze von 20—25% zu schließen, wie sie auch in dem Buch von GERLACH für die Bestimmung kleiner Konzentrationen anderer Metalle angegeben wird.

Der Lichtbogen erweist sich also, wenn man die Kontrolle beachtet, als durchaus brauchbar zur spektroskopischen Analyse von Alkaligemischen, die, wie wohl meist der Fall, in Salzform vorliegen.

2. Funkenspektrum

Charakteristisch für den Funken ist das fast gänzliche Fehlen der Linien der Nebenserien. Um einen quantitativen Anhalt zu haben, wurde das Intensitätsverhältnis der Resonanzlinien 5895 Å zum zweiten Gliede der ersten Nebenserie $2^2P_{3/2} - 4^2D = 5688$ Å von Natrium gemessen. Der Intensitätsunterschied beider Linien ist aber so groß, daß der Intensitätsbereich der Schwärzungskurve zur Messung des Intensitätsverhältnisses nicht ausreicht. Die Resonanzlinien mußten daher in geeigneter Weise geschwächt werden. Da die Linien 5688 Å und 5895 Å

spektral ziemlich nahe liegen, konnten die üblichen Glas- oder Flüssigkeitsfilter wegen der Breite des absorbierenden Spektralbereiches nicht verwendet werden. Es wurde daher ein durch Kathodenzerstäubung von der Firma Carl Zeiss hergestelltes Platinfilter benutzt. Auf einer $7/10$ mm dicken Glasplatte 3·9 cm wurde auf einem schmalen



$$\begin{array}{l} \frac{\text{Na}}{\text{Na}} = \frac{2^2P - 4^2D}{2^2P - 5^2D} = \frac{5688 \text{ Å}}{4983 \text{ Å}} = 5,4 \\ \text{---} \frac{\text{Na}}{K} = \frac{2^2P - 4^2D}{2^2P - 4^2S} = \frac{5688 \text{ Å}}{5802 \text{ Å}} \\ \text{---} \frac{\text{Na}}{K} = \frac{2^2P - 5^2D}{2^2P - 5^2D} = \frac{4983 \text{ Å}}{5832 \text{ Å}} \\ \text{---} \frac{\text{Na}}{K} = \frac{2^2P - 6^2D}{2^2P - 6^2D} = \frac{4669 \text{ Å}}{5359 \text{ Å}} \end{array}$$

Fig. 8

Streifen 3·0,5 cm Platin kathodenzerstäubt, so daß an dieser Stelle die Durchlässigkeit nur noch 1,5% betrug. Diese Glasplatte wurde direkt vor der photographischen Schicht der Platte im Spektrographen in geeigneter Weise angebracht, so daß nur die Resonanzlinien von dem Platinfilter geschwächt wurden. Es ergab sich für das Intensitätsverhältnis im Bogen 5 und im Funken 500. Die Intensität der Nebenserie tritt also im Funken äußerst stark zurück.

Dabei muß die Frage offenbleiben, ob diese Erfahrungstatsache wirklich durch die verschiedenen Anregungsbedingungen hervorgerufen ist, oder ob nicht im Bogen wegen des dichteren Dampfes eine sehr viel größere Schwächung der Resonanzlinien durch Selbstabsorption eintritt.

Wegen der geringen Intensität der Nebenserienlinien können, wenn man nicht endlose Belichtungszeiten in Kauf nehmen will, nur die Intensitäten der Resonanzlinien verglichen werden. Während im Bogen infolge der großen Dampfdichte die Selbstabsorption so groß ist, daß die Verwendung dieser Linien höchst bedenklich ist, spielt diese Erscheinung im Funken eine viel geringere Rolle.

Unangenehm war, daß bei dem benutzten Spektrographen die D-Linien spektral so nahe benachbart lagen, daß sie nicht mehr mit einer zur Photometrierung notwendigen Spaltbreite getrennt photographiert werden konnten. Es ergab sich daher die Notwendigkeit, das von den beiden Komponenten überdeckte Spektralgebiet zum Intensitätsvergleich heranzuziehen.

Als Resultat ergab sich für das Intensitätsverhältnis der Resonanzlinien in Abhängigkeit von der Konzentration die

in Fig. 9 wiedergegebenen Punkte. Wie ersichtlich ist die Streuung, insbesondere bei niederen Verhältnissen, wesentlich geringer als beim Bogen. Die maximale Abweichung des Intensitätsverhältnisses vom Mittel betrug bei 12 Messungen bei einer Konzentration von:

7%	16%	27%	43%
21%	10%	27%	36%

Die erwähnte Genauigkeit entspricht etwa der des durch empfindliche Linien kontrollierten Bogens.

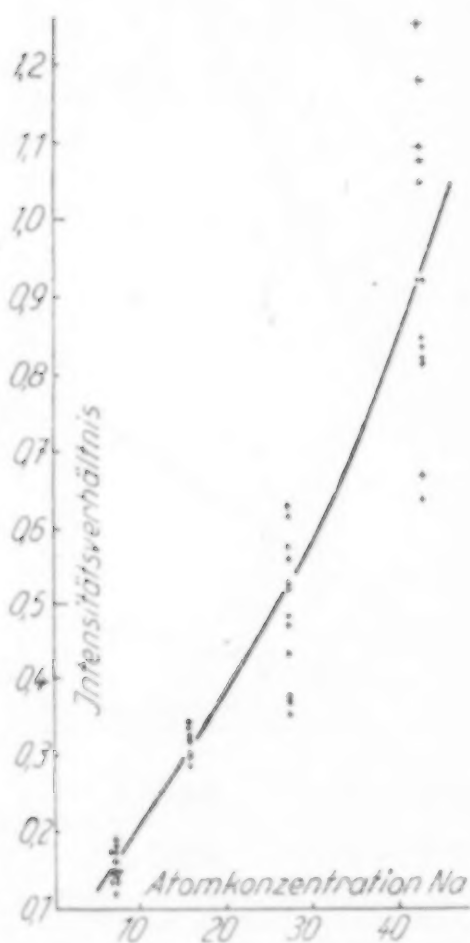


Fig. 9

V. Zusammenfassung

Auf spektralphotometrischem Wege wurden die Intensitätsverhältnisse der Alkalilinen in den Spektren von Natrium und Kalium gemessen. Es ergab sich:

1. Im Lichtbogen zwischen salzgefüllten Kohleelektroden hängt nicht nur die Intensität, sondern auch das Verhältnis der Intensitäten von Na- und K-Linien vom Ort der Emission ab. In der Mitte, also am Ort niedriger Temperatur und kleiner Feldstärke, überwiegt das Spektrum des leichter anregbaren Kaliums.

2. Das Intensitätsverhältnis der K- und Na-Linien gibt im Lichtbogen ein Maß für die Konzentration. Sorgt man durch Vergleich von solchen Linien eines Elementes, die stark von den Anregungsbedingungen abhängen, dafür, daß nur Aufnahmen mit gleicher Anregung verglichen werden, so läßt sich eine Genauigkeit von etwa 20% erreichen. Dies entspricht der heute bei nicht besonders günstigen Fällen erreichten Fehlergrenze der spektroskopischen Analyse.

3. Der Funke zwischen Flüssigkeitsoberflächen von Salzlösungen ermöglicht die gleiche Genauigkeit.

4. Das Intensitätsverhältnis zwischen Haupt- und Nebenserie im Bogen und Funken verhält sich wie 1:100.

Die vorliegende Arbeit wurde auf Anregung von Herrn Prof. Dr. G. Joos im Physikalischen Institut der Universität Jena ausgeführt.

Herrn Prof. Dr. G. Joos an dieser Stelle für die dauernde freundliche Beratung und Unterstützung bei der Ausführung der Arbeit meinen herzlichsten Dank auszusprechen, ist mir ein Bedürfnis. Ebenso herzlich danke ich Herrn Geh. Hofrat Prof. Dr. M. WIEN für sein stetes Interesse an dem Fortschreiten der Arbeit und für die Bereitstellung von Institutsmitteln für diese.

Auch den Firmen Carl Zeiss und Schott & Genossen, die in freundlicher Weise optische Apparate und sonstige Materialien zur Verfügung gestellt haben, sei für ihr Entgegenkommen bestens gedankt.

Jena, Physikalisches Institut, November 1930.

Bei der Redaktion eingegangen am 2. November 1930.

Bemerkung zur Arbeit von W. Herz über Siedepunkte und Dampfdruckformeln organischer Flüssigkeiten

Von E. W. MADGE

Es wird im folgenden gezeigt, daß eine von W. HERZ¹⁾ abgeleitete Beziehung zutreffen muß, wenn die Regel von TROUTON gilt.

Nach W. HERZ lassen sich die Dampfdruckkurven organischer Flüssigkeiten durch die Formel:

$$\log p = -\frac{A}{T} + C$$

wiedergeben.

Nach W. HERZ gilt für zwei Flüssigkeiten

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{T_{s_1}}{T_{s_2}},$$

wo T_{s_1} und T_{s_2} die absoluten Temperaturen ihrer Siedepunkte bei $p = 1$ Atm. bedeuten.

Nach der Regel von TROUTON ist für normale Flüssigkeiten:

$$\frac{ML}{T_s} = 21.$$

Daraus folgt:

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{T_{s_1}}{T_{s_2}}.$$

Da A proportional der Verdampfungswärme ist, so folgt die Beziehung von HERZ:

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{L_1}{L_2} = \frac{T_{s_1}}{T_{s_2}}.$$

¹⁾ W. HERZ, Z. anorg. u. allg. Chem. **191** (1930), 62.

Birmingham Erdington.

Bei der Redaktion eingegangen am 4. Dezember 1930.

Über die Sulfate des Zirkoniums und Hafniums

Von GEORG V. HEVESY und ERIKA CREMER

Mit 2 Figuren im Text

In seiner grundlegenden Arbeit „Über die Flußspatsäure und deren merkwürdigste Verbindungen“ hat BERZELIUS¹⁾ zuerst das Zirkonsulfat beschrieben und die Analyse dieser Verbindung zur Ermittlung des Atomgewichts des Zirkoniums herangezogen. Dieselbe Methode wendeten später WEIBULL²⁾ sowie BAILEY³⁾ an, und das bis vor kurzem angenommene Atomgewicht (90,6) beruhte auf diesen und ähnlichen Bestimmungen. Da die Genannten alle hafniumhaltigen Zirkone untersucht haben, sollte der von ihnen gefundene Wert größer sein als das wahre Atomgewicht des Zirkons, das HÖNIGSCHMID, ZINTL und GONZALEZ⁴⁾, sowie VENABLE und BELL⁵⁾, gleich 91,2 gefunden haben. In der vorliegenden Untersuchung suchten wir zu entscheiden, weshalb das nach der Sulfatmethode bestimmte Atomgewicht zu klein ausfällt, und wie sich der Zersetzungsdruck der Sulfate des Zirkoniums und Hafniums mit der Temperatur ändert.

Die nächstliegende Erklärung des bei der Anwendung der Sulfatmethode zu klein gefundenen Atomgewichtswertes ist das Vorliegen eines Schwefelsäureüberschusses im Sulfat. Bei Berücksichtigung eines Hafniumoxydgehaltes von 2% im verwendeten Zirkonoxyd berechnet sich der aus der Tabelle 1 ersichtliche Schwefelsäureüberschuß im Zirkonsulfat von BERZELIUS, WEIBULL und BAILEY; die Tabelle enthält auch den Schwefelsäureüberschuß, den wir in den, nach verschiedenen Methoden dargestellten, Zirkonsulfatpräparaten gefunden haben.

¹⁾ J. BERZELIUS, Ann. d. Phys. u. Chem. 80 (1825), 120.

²⁾ M. WEIBULL, „Om Zirkonium och dess fööreningar“, Lund, Arsskrift 18 (1881/82).

³⁾ G. H. BAILEY, Proc. Roy. Soc. London 46 (1889), 74.

⁴⁾ O. HÖNIGSCHMID, E. ZINTL u. F. GONZALEZ, Z. anorg. u. allg. Chem. 139 (1924), 293.

⁵⁾ F. P. VENABLE u. J. M. BELL, J. Amer. Chem. Soc. 46 (1924), 1833.

Tabelle 1

Präparat	Überschüssige Molprozent H ₂ SO ₄ in Zr(SO ₄) ₂
BERZELIUS	5,2
WEIBULL	5,2
BAILEY	3,3
Unser Präparat Ia	24,7
„ „ Ib	3,6
„ „ IIa	0,9
„ „ IIb	— 7,5

Unser Präparat I wurde durch Einwirkung von rauchender Schwefelsäure auf Zirkonium(4)bromid dargestellt, Präparat II durch Lösen des Oxydes in 40%iger Flußsäure und mehrmaliges Abrauchen mit konzentrierter Schwefelsäure. Es bedeutet die Indizierung *a* Erhitzung des Sulfats vor der Wägung auf etwa 360°, *b* Erhitzung auf 500—510° bis zur Gewichtskonstanz. Die Präparate wurden auf dem Gebläse geglüht und als Oxyd zurückgewogen. Die überschüssigen Molprozent Schwefelsäure wurden unter Benützung des Atomgewichtswertes $Zr = 91,2$ berechnet. Die Präparate waren hafniumfrei. Der negative Wert bei IIb zeigt, daß die Substanz weniger Schwefelsäure enthält, als es der Formel $Zr(SO_4)_2$ entspricht, daß also anscheinend bei dieser Darstellungsmethode teilweise $ZrO(SO_4)$ entsteht. Aus dem gleichen Grund dürfte der wahre Wert für IIa höher sein, als der angeführte. Auch Substanz IIb enthält noch freie Schwefelsäure. Aus beiden Präparaten gelingt die Entfernung der letzten Reste Schwefelsäure erst bei Erhitzung zu noch höherer Temperatur, doch beginnt von 530° an bereits eine merkliche Zersetzung des Sulfats, wie nach der Dampfdruckkurve (vgl. Tabelle 2 und Fig. 1) zu erwarten ist.

Damit erklärt sich, weshalb nach der Sulfatmethode keine richtigen Atomgewichtswerte erhalten werden.

Tabelle 2 und 3 enthalten die Dissoziationsspannungen des Zirkonium- bzw. Hafniumsulfates. Die Meßanordnung entsprach im Prinzip der von BODENSTEIN und SUZUKI¹⁾ angegebenen. Vor der Messung wurde die Substanz mit Platinmohr gut durchmischt und in einem Platinröhrchen untergebracht, das durch Platinfolie lose abgeschlossen war. Das Röhrchen wurde dann in eine Quarzröhre eingeschmolzen, von der aus eine kapillare Glasleitung zum Quarzspiralanometer nach BODENSTEIN führte. Der Übergang zwischen Quarz

¹⁾ M. BODENSTEIN u. T. SUZUKI, Z. Elektrochem. 16 (1910), 912.

Tabelle 2. (Zirkoniumsulfat)

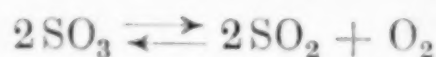
Temperatur in °C	Gemessener Gesamtdruck in mm Hg	Berechneter SO ₃ - Partialdruck in mm Hg	Herstellung
587	12	3,8	ZrBr ₄ + H ₂ SO ₄ rauch.
610	26	8,4	
632	79	30	
576	7,3	2,2	ZrBr ₄ + H ₂ SO ₄ rauch.
598	17	5,6	
619	40	13,8	
581	6,6	1,9	Zr(OH) ₄ + H ₂ SO ₄
598	15	4,7	
632	113	46	
576	6,3	1,8	ZrO ₂ + H ₂ F ₂ ; H ₂ SO ₄
598	15	4,6	
610	24	7,6	
620	42	14,4	
632	110	45	

Tabelle 3. (Hafniumsulfat)

Temperatur in °C	Gemessener Gesamtdruck in mm Hg	Berechneter SO ₃ - Partialdruck in mm Hg	Herstellung
642	33	8,9	HfCl ₄ + H ₂ SO ₄ rauch.
654	57	16,4	
665	224	88	
654	55	15,6	
659	149	54	
610	11	2,8	HfCl ₄ + H ₂ SO ₄ rauch.
610	5,8	1,2	
598	7,1	1,7	
620	18,2	4,9	
632	34	10	
652	80	25,6	
598	5,4	1,2	
576	1,8	0,3 ₃	
621	11,9	2,7	
632	25	6,8	
645	60	19	HfO ₂ + H ₂ F ₂ ; H ₂ SO ₄
576	2,0	0,4	
610	6,7	1,5	
632	26	6,9	
654	91	30	HfO ₂ + H ₂ F ₂ ; H ₂ SO ₄
543	0,2	0,0 ₂₄	
625	16	4,0	
643	32	8,2	
565	0,5	0,0 ₇	
576	1,2	0,2	HfO ₂ + H ₂ F ₂ ; H ₂ SO ₄
598	3,1	0,5 ₆	
610	5,6	1,1	
632	27,0	7,5	

und Glas wurde durch Schliffe vermittelt, die ungefettet und am äußern Rande mit Wachs, Picein od. dgl. überzogen waren.

Neben den gemessenen Gesamtdrucken sind in den Tabellen auch die zugehörigen SO_3 -Partialdrucke angegeben, da bei den Versuchstemperaturen schon eine erhebliche Dissoziation des Trioxyds im Sinne der Gleichung



stattfindet. Zur Berechnung wurden die von BODENSTEIN und POHL¹⁾ gefundenen Dissoziationskonstanten benützt.

Die Werte, die hintereinander gemessen wurden, ohne dazwischen abzupumpen, sind jeweils durch Horizontalstriche eingeschlossen. Doppelstriche bedeuten Übergang zu einem neuen Präparat; Spalte 4 gibt die Herstellung an.

Die Schwankung der Einzelwerte beim Hafniumsulfat war größer als beim Zirkoniumsulfat, weshalb hier mehr Punkte gemessen wurden.

Alle angegebenen Werte wurden beim Abbau der Sulfate gewonnen. Die ersten, stets zu hohen Meßergebnisse haben wir unberücksichtigt gelassen, da das Präparat anfänglich noch etwas Schwefelsäure (vgl. Tabelle 1) abgab. Bei systematischen Abbauversuchen ergab sich keine Andeutung der Bildung eines basischen Sulfats. Der Gleichgewichtsdruck eines Präparates, das mehr SO_3 enthielt, als der Verbindung ZrOSO_4 entspricht, war derselbe, wie der einer über 50% abgebauten Verbindung. Ein ähnliches Verhalten wurde von WÖHLER und Mitarbeitern²⁾ bei der Untersuchung des Thoriumsulfats festgestellt.

Der Abbau erfolgte bei beiden Verbindungen so außerordentlich langsam, daß es aussichtslos schien, das Gleichgewicht von beiden Seiten aus zu realisieren; zuweilen erforderte die Feststellung eines einzelnen Punktes mehrere Tage. Aus dem genannten Grunde können die angeführten Werte nicht als unbedingt zuverlässige Gleichgewichtsdrucke angesehen werden.

Immerhin zeigt die logarithmische Auftragung der SO_3 -Partialdrucke gegen die reziproken Temperaturen in den Fig. 1 und 2, daß die Messungen sich durch die Reaktionsisochore darstellen lassen.

Die für die Zersetzung des Zirkonsulfats sich ergebende Wärmetönung (60—70 kcal) ist von ähnlicher Größenordnung, wie sie

¹⁾ M. BODENSTEIN u. W. POHL, Z. Elektrochem. 11 (1905), 373.

²⁾ L. WÖHLER, W. PLUEDDEMANN u. P. WÖHLER, Ber. d. deutsch. chem. Ges. 41 (1908), 703.

GOUDRIAAN¹⁾ für verschiedene andere Sulfate erhalten hat (50 bis 60 kcal). Die entsprechende Wärmetönung für das Hafniumsulfat (95—100 kcal) ist allerdings auffallend hoch. Jedenfalls ist aber zwischen dem Zersetzungsdruck des Zirkoniumsulfats und Hafniumsulfats ein deutlicher Unterschied vorhanden. Dieses Resultat hatten auch Vorversuche gezeigt, die Herr Dr. G. RIENAECKER mit einer der Anordnung von MARCHAL²⁾ entsprechenden Apparatur ausgeführt hatte.

Um festzustellen, ob die Gitterdimensionen der zwei Sul-

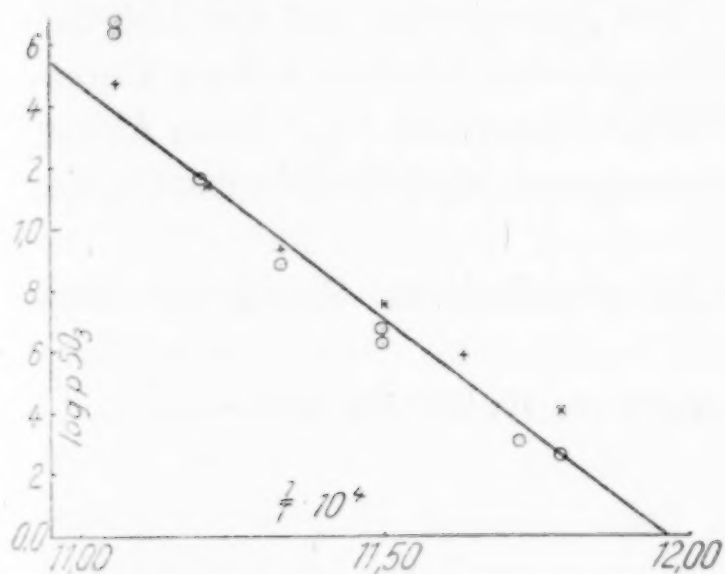


Fig. 1 (Zirkonsulfat)

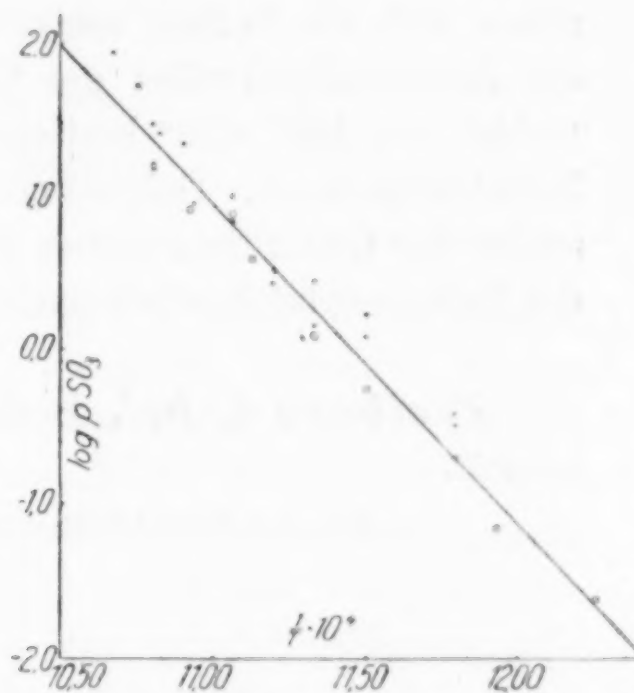


Fig. 2 (Hafniumsulfat)

fate nachweislich verschieden sind, haben wir, von Herrn Dr. J. BOEHM unterstützt, Debye-Scherrerdiagramme aufgenommen.

Aus Tetrahalogeniden (Tetrachlorid bzw. Tetrabromid) durch Einwirkung von rauchender Schwefelsäure gewonnene Sulfate zeigten verschiedene Diagramme, auch war die Hafniumverbindung wesentlich hygroskopischer als die Zirkonverbindung. Der Unterschied zwischen den Diagrammen verschwand nach Erhitzen auf 500°. Das nunmehr entstandene Diagramm zeigte sich identisch mit dem, welches die aus wäßriger Lösung (vgl. Substanz I, S. 340) erhaltenen Präparate ergaben. Die Präparate, die nicht über 520° erhitzt waren, zeigten keine Oxydlinien. In höher erhitzten Präparaten konnten wir dagegen die Linien der monoklin-tetragonalen ZrO_2 - bzw. HfO_2 -Modifikationen feststellen. Die Ausmessung der Abstände korrespondierender Linien ergab innerhalb der Fehlergrenzen von 1% keinen Unterschied in den Gitterdimensionen des Zirkonsulfats und Hafniumsulfats.

¹⁾ F. GOUDRIAAN, Diss. Delft 1916.

²⁾ G. MARCHAL, Journ. chim. phys. **22** (1925), 413.

Zusammenfassung

Das Verhalten der Sulfate des Zirkoniums und Hafniums beim Erhitzen wurde untersucht. Es zeigte sich, daß sowohl die aus Tetrahalogeniden wie aus Zirkonoxyd (Hafniumoxyd) dargestellten Sulfate stets einen Schwefelsäureüberschuß enthalten. Dem letzteren Umstande ist es zuzuschreiben, daß alle die nach der Sulfatmethode bestimmten Atomgewichte zu klein ausgefallen sind. Die Entfernung der letzten Spuren Schwefelsäure gelingt erst bei Temperaturen, bei denen sich die Sulfate schon merklich zersetzen. Die Abhängigkeit des Zersetzungsdruckes der Sulfate von der Temperatur wurde im Gebiet von 550—650° bestimmt. Das Zirkonsulfat hat den höheren Zersetzungsdruck. Debye-Scherrerdiagramme ergaben keinen Unterschied der Gitterdimensionen der Sulfate innerhalb 1%. Beim Abbau der Sulfate entsteht die monoklin-tetragonale Modifikation der Oxyde.

Freiburg i. Br., *Institut für physikalische Chemie der Universität.*

Bei der Redaktion eingegangen am 10. Oktober 1930.

Über die Messung wahrer spezifischer Wärmen fester und flüssiger Metalle bei hohen Temperaturen

Von HORST SEEKAMP

Mit 9 Figuren im Text

I. Teil. Feste Metalle

Einleitung

Während die Aufgabe, wahre spezifische Wärmen exakt zu messen, bei tiefen und mittleren Temperaturen als gelöst betrachtet werden kann, treten bei höheren so vielseitige Schwierigkeiten auf, daß eine einfache, allgemein anwendbare und verlässliche Methode in diesem Temperaturbereich bisher noch nicht existiert.¹⁾ In der vorliegenden Arbeit ist es gelungen, die Meßmethodik bei hohen Temperaturen weiter zu vervollkommen, doch kann von einer Beseitigung aller Schwierigkeiten zur Zeit noch nicht die Rede sein.

Wie aus einigen älteren Arbeiten hervorgeht²⁾, kann man nämlich dem Versuchskörper die zu einer Erwärmung erforderliche Energie nicht ohne weiteres in Form von JOULE'scher Wärme zuführen, wie es bei tiefen Temperaturen üblich ist. Von KLINKHARDT³⁾ wurde daher auf Anregung von A. EUCKEN und R. SUHRMANN ein Verfahren entwickelt, bei dem die Energie langsamen Kathodenstrahlen entnommen wird. Diese Methode bewährte sich gut, wie durch zahlreiche Beispiele gezeigt werden konnte, erforderte indessen eine Reihe

¹⁾ Metalle, aus denen sich Drähte herstellen lassen, können bekanntlich nach einer sog. Drahtmethode untersucht werden, von der zahlreiche Modifikationen existieren, die z. T. recht exakte Ergebnisse liefern; s. z. B. die Methode von W. BEHRENS und C. DRUCKER, Z. phys. Chem. 113 (1924), 79. — Die an sich sehr exakt arbeitenden Mischungsmethoden geben zunächst nur mittlere spez. Wärmen, die dann unter Annahme etwa eines Potenzgesetzes für den Temperaturverlauf des Wärmeinhalts in die wahren umgerechnet werden müssen. Näheres vgl. Handb. d. Experimentalphysik 8, 1. Teil, Energie- und Wärmeinhalt von A. EUCKEN, Leipzig 1929, 156ff; vgl. auch Anm. 2 S. 357.

²⁾ M. v. PIRANI, Verh. d. D. phys. Ges. 14 (1912), 1037; A. PERRIER u. H. ROUX, Mem. Soc. Vaud. d. Sc. nat. 3 (1923), 109.

³⁾ H. KLINKHARDT, Ann. d. Phys. IV, 84 (1927), 167.

ausschlaggebender Vorsichtsmaßregeln (intensive Entgasung der Versuchskörper, Verwendung vakuumgeschmolzener Metalle usw.), denen nicht immer genügend Rechnung getragen werden kann, so daß die Aufgabe entstand, durch eine neue Versuchsanordnung die Verhältnisse zu vereinfachen. Dies ist in der Tat dadurch möglich, daß man noch eine andere Art der Energiezufuhr wählt, und zwar die Wärmestrahlung, die von einer in einem Hohlraum des Versuchskörpers ausgespannten Wolframwendel ausgeht.

1. Das Prinzip der Methode und die Vorversuche

Um das Prinzip der von mir benutzten Methode zu erläutern, möchte ich zunächst auf die Konstruktion eingehen, mit der auch die ersten Messungen vorgenommen wurden (Fig. 1). Der Versuchskörper von der Masse m war im Hochvakuum auf drei Quarzstützen mit sehr feinen Spitzen aufgestellt, um die Wärmeableitung möglichst klein zu halten; er befand sich in einem Strahlungssofen, durch den diejenige Temperatur eingestellt wurde, bei der die spez. Wärme gemessen werden sollte. Er war als Zylinder kleinster Oberfläche ausgebildet und hatte einen ebenfalls zylindrischen Hohlraum; der Boden und der abschraubbare Deckel bekamen zentrische Bohrungen von einem solchen Durchmesser, daß je ein kurzes, dickwandiges Quarzröhrchen knapp darin Platz hatte. Durch diese Röhrchen traten die beiden Zuführungsdrähte in den Innenraum zur Wolframwendel W , die an den Drähten durch Anklemmen befestigt wurde.¹⁾ Das Wendelsystem war auf diese Weise elektrisch sehr gut gegen den Körper, der bei den ersten Versuchen aus Nickel bestand, isoliert. Auf einen Wärmekontakt

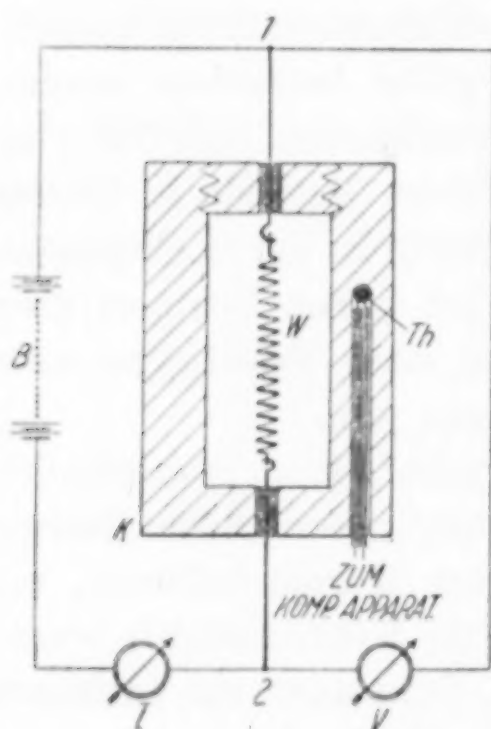


Fig. 1. Schema der einfachsten Versuchsanordnung

W Wendel,

K Körper,

Th Thermoelement,

I Strommesser,

V Spannungsmesser,

B Batterie,

1,2 Ansatzstellen der Potentialdrähte.

körper von der Masse m war im Hochvakuum auf drei Quarzstützen mit sehr feinen Spitzen aufgestellt, um die Wärmeableitung möglichst klein zu halten; er befand sich in einem Strahlungssofen, durch den diejenige Temperatur eingestellt wurde, bei der die spez. Wärme gemessen werden sollte. Er war als Zylinder kleinster Oberfläche ausgebildet und hatte einen ebenfalls zylindrischen Hohlraum; der Boden und der abschraubbare Deckel bekamen zentrische Bohrungen von einem solchen Durchmesser, daß je ein kurzes, dickwandiges Quarzröhrchen knapp darin Platz hatte. Durch diese Röhrchen traten die beiden Zuführungsdrähte in den Innenraum zur Wolframwendel W , die an den Drähten durch Anklemmen befestigt wurde.¹⁾ Das Wendelsystem war auf diese Weise elektrisch sehr gut gegen den Körper, der bei den ersten Versuchen aus Nickel bestand, isoliert. Auf einen Wärmekontakt

¹⁾ Diese Art der Befestigung, die in der Glühlampentechnik schon sehr lange zur Anwendung kommt, hat sich während aller Versuche bestens bewährt. Es kam eine Wendel von einem Durchmesser von etwa 0,2 mm und einer Drahtstärke von etwa 0,05 mm zur Anwendung, die auf 1 cm Länge ungefähr 130 Windungen enthält. Sie kann durch 0,375 Amp. auf $T = \text{etwa } 2000^\circ$ gebracht werden, wobei

der Wendelenden mit dem Körper wurde vor der Hand kein Gewicht gelegt. Außen war der Körper hochglanzpoliert, um die Strahlungsverluste auf ein Minimum herabzudrücken.

Die Wärmemenge ΔQ wurde dem Körper nun einfach in der Weise zugeführt, daß man die Wendel für kurze Zeit strahlen ließ (Heizdauer t). Gemessen wurden dabei der durch sie hindurchgehende Strom I und das Potentialgefälle V an ihren Enden. Es waren daher zwei „Potentialdrähte“ bis möglichst nahe an die Wendel herangeführt (Stellen 1 und 2 in der Figur), an die außen ein Voltmeter angelegt war. Abgesehen von Korrekturen berechnet sich aus diesen drei gemessenen Größen

$$\Delta Q = 0,2390 \text{ JV } t.$$

Die durch die Wärme ΔQ erzeugte Temperaturerhöhung $\Delta \vartheta^1)$ wurde auf thermoelektrischem Wege gemessen.

Die bei der Ermittlung der Masse m des Versuchskörpers zu berücksichtigenden Zusatzmaterialien (Quarz, Wo, Fe) betrugen etwa 0,4% der Gesamtmasse des Körpers.

Die Heizdauer t mußte in der Größenordnung von 1 Minute gewählt werden, da die Wendel nur 1 cm lang war.

Die mit diesem einfachen Aufbau durchgeführten Versuche lieferten nun leider keine brauchbaren Ergebnisse. Die Meßpunkte lagen sämtlich zu hoch und streuten sehr stark. Wie aus Versuchen mit einem zweiteiligen Körper²⁾ hervorging, konnten zwei Fehlerquellen aufgefunden werden, die dieses Verhalten hervorriefen.

Es zeigte sich, daß erstens ein Energieverlust dadurch stattfand, daß die entwickelte Wärme auf den Zuleitungsdrähten zurückfloß und

dann auf 1 cm Länge ein Spannungsabfall von 15 Volt kommt. Ihre Leistung pro Zentimeter beträgt also unter diesen Bedingungen 5,6 Watt oder 1,35 cal/sec. Das Wendelmaterial wurde mir freundlichst durch Vermittlung von Herrn Dr. SKAUPY von der Osram-Gesellschaft zur Verfügung gestellt, wofür auch an dieser Stelle ganz besonders gedankt sei.

1) ϑ = Celsiustemperatur. Die Formelzeichen folgen dem Lehrbuch der chemischen Physik von A. EUCKEN, Leipzig 1930.

2) Der Körper wurde in der Mitte, senkrecht zu seiner Achse durchschnitten und die beiden Hälften durch einen Glimmerring gegeneinander isoliert. Die Wendel behielt ihren Platz; während ihre Enden an je einer Körperhälfte befestigt waren, wurden die Zuleitungsdrähte an irgendeiner Stelle der Oberfläche angeschraubt. Auf diese Weise war ein Zurückfließen von Wärme unmöglich geworden. Bei den ersten Versuchen mit diesem Körper waren die hierbei erforderlichen zwei Thermoelemente noch in Bohrungen eingelegt. Die so erhaltenen Meßresultate waren besser, streuten aber immer noch; erst als die Thermoelemente angelötet wurden, waren Fehler und Streuungen beseitigt.

zweitens, daß ein ausreichender Wärmekontakt zwischen Versuchskörper und Thermoelement nur durch Anlöten oder durch Einkeilen der Drähte hergestellt werden konnte.

Die Größe der Fehler konnte auf Grund dieses Befundes einer quantitativen Prüfung unterzogen werden. Die Ausbildung des Wärmegefälles auf den Zuleitungsdrähten erfordert nämlich eine gewisse Zeit t_0 . Ist die Heizzeit t länger als t_0 , so muß die abfließende Wärmemenge, d. h. der Fehler f , proportional $t - t_0$ sein, was auch ungefähr der Fall war. Man konnte die Fehler der einzelnen Messungen in Abhängigkeit von der Heizzeit zeichnen, wobei die Wendeltemperatur ϑ_w als Parameter auftrat (Variation der Heizdichte!), d. h. es war möglich, angenähert die Geradenschar

$$f = k(t - t_0), \quad \text{wobei } k = k(\vartheta_w)$$

zu erhalten. Für die üblichen Betriebsdaten der Wendel konnte hieraus ein t_0 von 15 bis 20 Sekunden abgeschätzt werden. Z. B. ergab sich für $\vartheta_w \approx 2000^\circ$ bei zwei Versuchsreihen folgende Abhängigkeit:

Heizdauer (Sek.)	Fehler %	Heizdauer (Sek.)	Fehler %
60	9	50	4,6
40	4	30	2,5
22	0,1	14	0,0

2. Die Konstruktion der Versuchskörper

Hieraus ergeben sich folgende Richtlinien für die definitive Konstruktion der Versuchskörper:

1. Möglichste Verkürzung der Heizzeit, daher
2. Verlängerung der Wendel.
3. Verbesserung des Wärmekontaktes an den Enden der Wendel.
4. Einkeilen der Thermoelementdrähte.

Im einzelnen gelangt man hiernach zu folgender Konstruktion.

Statt eines Hohlraums im Innern des Körpers wurde eine Reihe von Bohrungen angebracht und in diese ein Wendelsystem „eingefädelt“ (Fig. 2). Wir sehen hier die endgültige Konstruktion des Versuchskörpers, mit der alle späteren Versuchsreihen aufgenommen wurden. Deckel und Boden des Körpers sind abschraubbar. In dem oberen und unteren flachen Hohlraum befinden sich zwei Quarzplatten, die das Wendelsystem tragen. Sie haben fünf feine Bohrungen von 0,4 mm¹⁾ Durchmesser, die genau in der Mitte über den fünf Boh-

¹⁾ Herrn Ing. DIENER in Firma „Breslauer Diamantziehsteinfabrik“ möchte ich auch an dieser Stelle bestens für die kostenlose Herstellung der Quarzbohrungen danken.

rungen des Körpers von 4 mm Durchmesser liegen. Die Wendel muß durch passendes „Abwickeln“ einzelner Stellen so ausgebildet werden, daß die gestützten Teile nur aus dem gestreckten Wendeldraht bestehen und beim Heizen nicht mit glühen; denn sonst wäre ein Reagieren des W_o mit dem SiO_2 unvermeidlich und würde ein baldiges Durchbrennen der Wendel verursachen. Die wirksame Länge der Wendel beträgt jetzt etwa das Achtfache wie bei den früheren Versuchen, dementsprechend kann die Heizzeit auf $\frac{1}{8}$ herabgesetzt werden. Um das Zurückfließen von Wärme noch weiter zu vermindern, wird ein Ende der Wendel mit dem Körper fest verschraubt, während die Zuleitung zum anderen Ende ein möglichst langes Stück, in einem Quarzröhrchen isoliert, durch einen Kanal des Körpers hindurch geführt und außerdem an den Stellen *a* und *b* durch Porzellankitt befestigt wird (vgl. Fig. 2).

Durch das Einkeilen der Thermoelementdrähte wird erreicht, daß sich die wirksamen Lötstellen immer auf dem Metallkörper selbst befinden.

3. Apparatur

a) Vakuumapparatur und Versuchszelle

Die Vakuumapparatur bestand aus einer Dreistufendiffusionspumpe mit umschaltbarer Vorvakuumkugel (HANFF und BUEST), an die sich zur Druckmessung ein McLEOD'sches Manometer anschloß. Dann folgte eine Ausfriertasche für Quecksilberdämpfe, die bei den Versuchen in flüssige Luft tauchte, ein Entladungsrohr zur schnellen Kontrolle des Vakuums und schließlich die Versuchszelle (Fig. 3). Hierin befand sich der Versuchskörper *K*, auf den drei Quarzstützen aufgestellt, die ihrerseits mittels kleiner Schliffe auf einer Glassäule montiert waren. Die Glassäule wiederum wurde durch einen „Innenschliff“ *s*, getragen. Umgeben war der Körper von einem Strahlungs-Ofen (in der Figur punktiert angedeutet), der aus einem 1,5 m langen Platinband von $0,01 \cdot 2$ mm Querschnitt bestand, das auf ein Quarzgerüst aufgewickelt war. Das Ganze wurde von einem Strahlungsschutz *M*

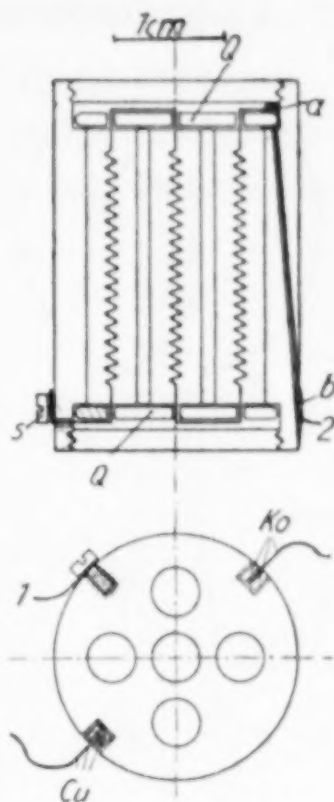


Fig. 2. Definitive Form des Versuchskörpers
Q Quarzplatten,
Cu Kupferdraht d. Thermoelements mit Keilen,
Ko Konstantandraht,
a, b Kittstellen des Zuführungsdrahtes (2),
 1, 2 wie in Fig. 1, S. 346

umgeben, der aus poliertem Kupferblech hergestellt war. Alle Zuführungsdrähte (im ganzen 6) wurden über Stützpunkte *z* an der Säule durch Platindurchschmelzstellen *a*, *b* nach außen geführt; nur die

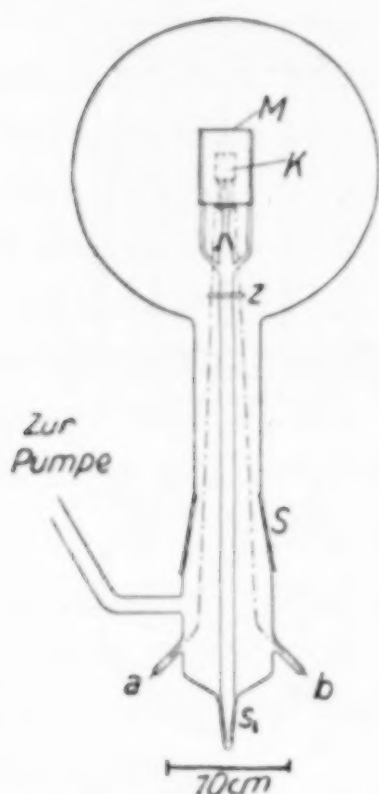


Fig. 3. Versuchszelle
K Körper,
M Strahlungsschutz,
S Hauptschliff,
a, *b* Durchschmelzstellen,
s_i Innenschliff,
z Stützpunkte der Zuführungsdrähte.

Thermoelementdrähte gelangten durch Kittstellen ins Freie, derart, daß sie durch angeschmolzene Kapillaren hindurchgeführt wurden, auf deren Ende mittels Kolophoniumwachskitt und Pizein Glaskappen aufgesetzt waren. Der Innenaufbau wurde von einem Glasballon umgeben, der mittels des Hauptschliffes *S* aufgesetzt werden konnte. Das Rohr zur Pumpe wurde in den unteren Teil der Zelle eingeführt, da man die Apparatur so bequemer öffnen und schließen konnte. Die am McLEOD abgelesenen Drucke schwankten je nach der Versuchstemperatur zwischen 5 und $10 \cdot 10^{-6}$ mm Hg.

b) Elektrischer Teil

Die Schaltung ist in Fig. 4 abgebildet. Mit *K* ist gestrichelt der Körper angedeutet und *G* stellt die Grenze dar, bei der die Zuführungsdrähte ins Vakuum eintreten. Der Heizkreis besteht aus Batterie (110-Volt-Leitung), Wendel *W*, Regulierwiderstand, Amp.-Meter *I* und einem Spezialschalter, der gleichzeitig Strom und Stoppuhr *St* einschaltet.¹⁾ Auf der anderen Seite liegt an den Potentialdrähten das Voltmeter *V*.

Die Thermokraft des Kupferkonstantanelementes wurde mit einem Kompensationsapparat (Otto Wolff) gemessen, an den mittels Akkumulators von 2 Volt und Potentiometer ungefähr 100 mV gelegt waren (B-Klemmen; die genauen Daten der Widerstände vgl. Fig. 4). Da die höchste Thermokraft einen Wert von 40 mV (700°) nicht überschreitet, hätte man auch daran denken können, etwa 50 mV an den Apparat zu legen. Nun betrug dessen innerer Widerstand aber 15000 Ohm, so daß die Anordnung dann mit steigender Temperatur recht unempfindlich geworden wäre. Die am Apparat liegende Spannung mußte ferner dauernd in bekannter Weise kontrollierbar sein.

¹⁾ Vgl. das Handb. d. Exper. Phys. 8, 1, S. 77.

Daher wurde an die N-Klemmen des Apparates eine Kontrollspannung gelegt, die ebenfalls durch Spannungsteilerschaltung von einem Normalelement NE abgenommen wurde. Das Element arbeitete (und zwar immer nur ganz kurze Zeit während der Abgleichung) auf 100 000 Ohm, so daß ein Absinken seiner Spannung nicht zu befürchten war. Zur Berechnung der Kontrollspannung war indessen

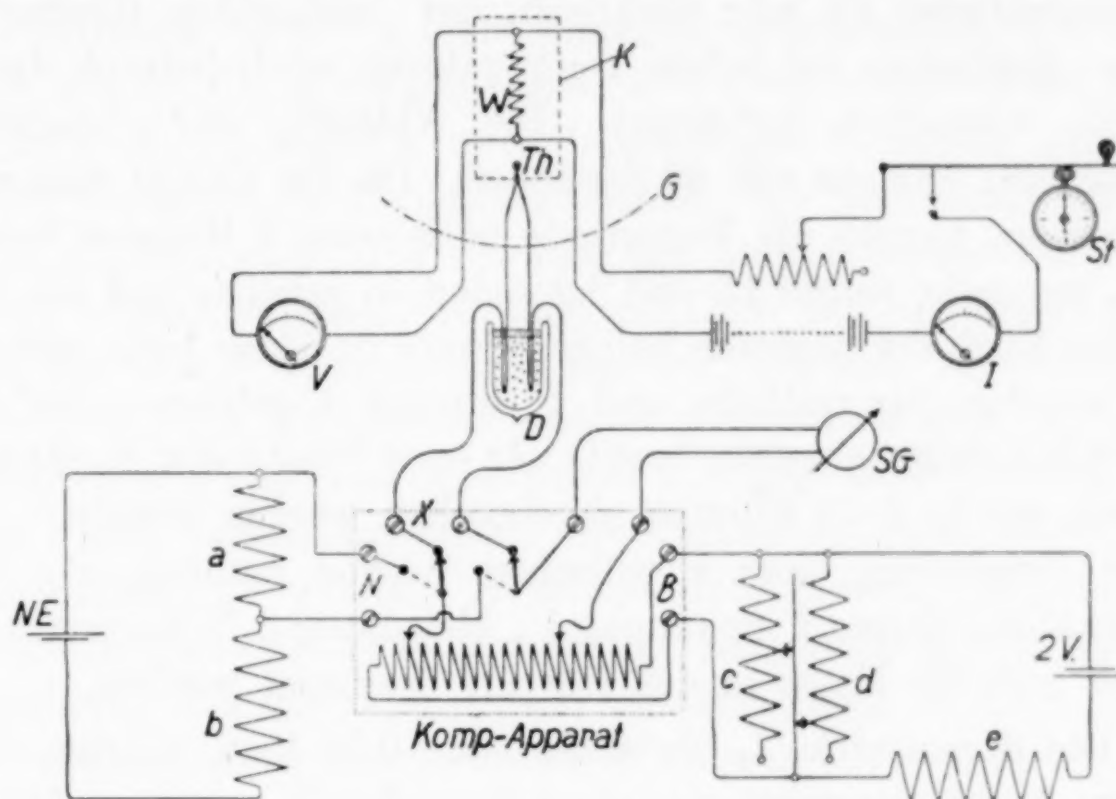


Fig. 4. Elektrische Meßanordnung

K Körper,	I Strommesser,
W Wendel,	V Spannungsmesser,
Th Thermoelement,	D Dewargefaß,
G Grenze des Hochvakuums,	S Spiegelgalvanometer,
St Stoppuhr,	NE Normalelement,

a, b, c, d, e Widerstände

($a = 9983,4$, $b = 90000$, $c = \text{etwa } 160$, $d = \text{etwa } 500$ [c u. d var.],
 $e = 3500 \text{ Ohm}$)

sein innerer Widerstand zu berücksichtigen, der vor Ausführung sämtlicher Versuche zu $R_{NE} = 1750 \text{ Ohm}$ bestimmt wurde.¹⁾

Die Kaltlötstellen befanden sich in einem kleinen Dewargefaß D , das mit fein zerstoßenem Eis gefüllt war.

Als Nullinstrument kam ein DIESSELHORST'sches Spiegelgalvanometer SG (Siemens & Halske) zur Anwendung.

¹⁾ Hierbei wurde so vorgegangen, daß die Kontrollspannung mit einem zweiten Kompensationsapparat festgestellt wurde, bei dem ein zweites NE direkt an den N-Klemmen lag. Aus diesem Wert und den beiden Widerständen konnte dann R_{NE} leicht berechnet werden. Die Spannungen der beiden Elemente waren vorher verglichen und stimmten völlig überein.

4. Die Ermittlung der Versuchsdaten. Korrekturen.

Vor Ausführung der Versuche wurden die Körper kurze Zeit bei der höchsten Versuchstemperatur entgast, wobei die Thermoelementdrähte gleichzeitig mit dem Körper verschweißten.

Zu Beginn einer Versuchsreihe wurde der Ofenstrom so eingestellt, daß sich der Versuchskörper langsam erwärmte. Es erwies sich für alle Temperaturen als sehr praktisch, mit „steigenden Gängen“ zu arbeiten. Besonders bei hohen Temperaturen wird dadurch die Genauigkeit wesentlich verbessert. Die Ablesung der Temperatur (Thermokraft) erfolgte alle 30 Sekunden. Da die Gänge sehr regelmäßig waren, konnte die Vorperiode nach etwa 3 Minuten beendet werden, nunmehr wurde 15—20 Sekunden so geheizt, daß die Heizzeit in die Mitte der nächsten halben Minute zu liegen kam, währenddessen wurden Stromstärke und Spannung abgelesen. Am Ende dieser halben Minute wurde bereits der erste Punkt der Nachperiode abgelesen, die in 3—5 Minuten abgebrochen werden konnte.

Zur Ermittlung einer spezifischen Wärme mußten, wie schon oben erwähnt, Strom I Spannung V , Heizdauer t , Temperaturdifferenz $\Delta \vartheta$ und die Masse m des Körpers bestimmt werden.

1. Die Stromstärke I , die etwa 0,35—0,40 Amp. betrug, wurde an einem Nadirinstrument mit einer Genauigkeit von etwa 3‰ abgelesen. Die Richtigkeit des Instruments war mehrmals durch Vergleich mit einem neuen hochwertigen Präzisionsamperemeter von Siemens und Halske nachgeprüft worden, mit dem es innerhalb der Ablesegenauigkeit vollständig übereinstimmte. Als Korrektur wurde von der abgelesenen Stromstärke der durch das Voltmeter gehende Strom in Abzug gebracht.

2. Die Spannung V , die in der Größenordnung von 40 Volt lag, wurde mit einem Voltmeter von Siemens und Halske auf $\pm 0,1$ Volt genau gemessen. Das Instrument war mit einer Kompensationschaltung mehrmals nachgeeicht und hatte nur zu vernachlässigende Fehler. Von der Größe V wurde als Korrektur der Potentialabfall, der auf der einen Stromzuführung von der Ansatzstelle des Potentialdrahtes (Stelle 2 in Fig. 2) bis zur Wendel lag, in Abzug gebracht. Er errechnete sich leicht aus dem durch die Wendel gehenden Strom, dem Widerstand des in Frage stehenden Stückes des Eisendrahtes und dessen Temperaturabhängigkeit.¹⁾

¹⁾ Hierfür wurden die Werte von L. HOLBORN, Ann. d. Phys. 59 (1919), 145 genommen.

3. Die Zeit wurde mit einer 50stel-Sekundenstoppuhr gemessen. Diese wurde wiederholt am Nauener Koinzidenzzeichen nachgeeicht (Differenz zweier Signale = 0,997 Sekunden). Sie hatte einen sehr konstant bleibenden Fehler und ging um genau 1% zu schnell.

4. Die Temperaturmessung erfolgte mit dem Thermoelement Kupfer-Konstantan wegen seiner großen Empfindlichkeit. Die Eichung wurde sehr sorgfältig vorgenommen und zwar wurden nach den Erfahrungen KLINKHARDT's zwei Gleichungen 3. Grades aufgestellt. Bis 400° C wurden als Fixpunkte benutzt: der Siedepunkt des Naphthalins, die Schmelzpunkte von Blei und Zink. Oberhalb 400° wurde mit den Schmelzpunkten von Zink, Antimon und Silber geeicht. Die Kurve für tiefere Temperaturen stimmte mit der von ADAMS und JOHNSTON¹⁾ recht gut überein (geringe prozentuale Abweichung); die für höhere mit den von KLINKHARDT angegebenen Werten.²⁾ Die Gänge waren weitgehend linear. Sie wurden entweder durch lineare Extrapolation auf mittlere Heizdauer ausgewertet, oder falls eine schwache Krümmung zu bemerken war, aufgezeichnet und graphisch extrapoliert. Die Extrapolationen wurden gleich an der Thermokraft vorgenommen, daraus ergab sich dann

$$\Delta \vartheta = \frac{\Delta e}{\frac{de}{d\vartheta}}.$$

5. Die Versuchskörper hatten sehr verschiedene Gewichte, von etwa 70 g (Cu), bis 15 g (Mg); ihre Wärmekapazität betrug 5 bis 7 cal/Grad. Die Masse der Quarzplatten mußte, besonders bei den leichteren Körpern, genau berücksichtigt werden. Für die spezifische Wärme des Quarzes wurde eine Mittelkurve zwischen den Werten von HENGSTENBERG³⁾ und SCHLÄPFER und DEBRUNNER⁴⁾ eingesetzt.

Zur Erläuterung des Voranstehenden sei anschließend die Aufnahme eines Punktes der Al-Kurve mit allen numerischen Daten wiedergegeben, und zwar soll ein bei 535° C gemessener Wert herausgegriffen werden.

Die Empfindlichkeit des Spiegelgalvanometers war so groß, daß man auf 0,1 Ω genau kompensieren konnte. Der Gang der Thermokraft war folgender:

¹⁾ L. H. ADAMS u. J. JOHNSTON, Sill. Journ. 33 (1912), 534.

²⁾ H. KLINKHARDT, Diss. T. H. Breslau, 1927.

³⁾ O. HENGSTENBERG, Diss. T. H. Breslau, 1918.

⁴⁾ P. SCHLÄPFER u. P. DEBRUNNER, Helv. Chem. Acta 7 (1924), 31.

Zeit in Sek.	Abgriff am Komp.-App. in Ω	Differenz Ω
0	4441,5	
30	4447,9	+6,4
60	4454,5	6,6
90	4461,0	6,5
120	4467,5	6,5
150	Heizung 21 Sek.	
180	4567,0	
210	4565,9	-1,1
240	4565,0	0,9
270	4564,0	1,0
300	4563,1	0,9

Während der Heizung wurde abgelesen $J = 0,370$ Amp., $V = 32,8$ Volt, an der Stoppuhr 21,00 Sekunden.

Berechnung. Das Voltmeter hatte einen inneren Widerstand von 50000Ω , daher ist von der Stromstärke rund 1 mA in Abzug zu bringen. Die Länge des Zuführungsdrahtes von Stelle 2 (Fig. 2) bis zur Wendel war 5 cm ; bei Zimmertemperatur hat dieses Stück einen Widerstand von $0,082 \Omega$, daraus berechnet sich für 535° ein Widerstand von $0,53 \Omega$, so daß von der angezeigten Spannung $0,369 \cdot 0,53 = 0,2$ Volt abzuziehen sind. Für die Heizdauer ergibt sich durch die Korrektur von -1% $t = 20,79$ Sekunden.

Die Gänge können in diesem Falle linear auf die Heizmitte, die bei der 135. Sekunde liegt, extrapoliert werden. Bei der Vorperiode ergibt sich $4467,5 + 6,5 \cdot 0,5 = 4470,7$, bei der Nachperiode $4567,0 + 1,0 \cdot 1,5 = 4568,5$. Der Kompensationsapparat war so abgeglichen, daß auf 1Ω ein Spannungsabfall von $6,67 \mu\text{V}$ entfiel. (Bei 535° entspricht dies 0° oder $0,0098^\circ$.) Daher beträgt $\Delta e = (4568,5 - 4470,7) 6,67 = 653 \mu\text{V}$ und die dem Mittelwert von 4520Ω entsprechende Thermokraft $e = 30200 \mu\text{V}$. Aus der Thermokraftkurve und ihrer Ableitung greift man hierfür eine Temperatur von 535°C und ein $d e/d \vartheta = 67,9$ ab.

Das Aluminium hatte eine Masse $m_1 = 21,56 \text{ g}$, die Quarzmaterialien $m_2 = 1,74 \text{ g}$. Bezeichnen wir die spezifischen Wärmen mit c_1 und c_2 , so gilt

$$\Delta Q = (m_1 c_1 + m_2 c_2) \Delta \vartheta, \text{ oder}$$

$$c_1 = \frac{\Delta Q}{m_1 \Delta \vartheta} - \frac{m_2}{m_1} c_2$$

$$= \frac{\Delta Q \frac{d e}{d \vartheta}}{m_1 \Delta e} - \frac{m_2}{m_1} c_2.$$

Die spezifische Wärme des Quarzes bei 535° beträgt $0,236$, daher wird

$$c_1 = \frac{0,2390 \cdot 0,369 \cdot 32,6 \cdot 20,79 \cdot 67,9}{21,56 \cdot 653} - \frac{1,74}{21,56} \cdot 0,236,$$

$$= 0,288 - 0,019,$$

$$c_1 = 0,271.$$

5. Versuchsergebnisse

Die Leistungsfähigkeit der neuen Methode soll nunmehr an einigen Beispielen gezeigt werden. Die Resultate sind im folgenden

graphisch und numerisch wiedergegeben, wobei in den Tabellen die Zahlen für mittlere Kurven zusammengestellt sind.

1. Kupfer

Als Material kam vakuumgeschmolzenes Elektrolytkupfer von W. C. Heraeus zur Anwendung. Die Messungen wurden von Zimmertemperatur bis etwa 700° ausgedehnt, besonders um das richtige Arbeiten des Thermoelements und die beiden der Thermokraftkurve zugrunde gelegten Gleichungen zu prüfen. Wie man aus Fig. 6 sieht, stimmen die neuen Werte mit den vorhandenen sehr gut überein. Bis zu 200° sind die Kurven der neueren Autoren als praktisch identisch

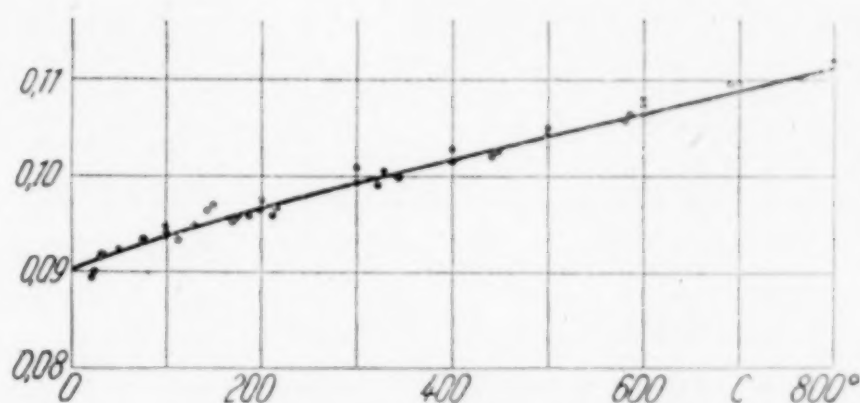


Fig. 5. Kupfer

□ KLINKHARDT * SCHÜBEL + MAGNUS
⊕ GAEDE ○ SEEKAMP

anzusehen. Von da ab verläuft die von mir gemessene Kurve bis 500° genau wie die SCHÜBEL'sche, um dann etwas unterhalb der SCHÜBEL'schen und KLINKHARDT'schen Werte zu bleiben. Letztere liegen durchweg etwa 1% höher wie die meinigen. In das Diagramm sind Ergebnisse UMINO¹⁾ nicht mit aufgenommen worden, da sie beträchtlich höher liegen als alle anderen Werte und wohl nicht von prinzipiellen Fehlern frei sind.

Es zeigt sich also wegen der guten Übereinstimmung, daß die Gleichungen für die Thermokraftkurve keiner weiteren Korrektur bedürfen. Die nachfolgende Tabelle enthält zum Vergleich die Werte von KLINKHARDT²⁾ und SCHÜBEL³⁾, in das Diagramm sind noch mit aufgenommen Werte von MAGNUS⁴⁾ und GAEDE.⁵⁾

¹⁾ S. UMINO, Sc. Rep. Tohoku Univ. 15 (1926), 97.

²⁾ H. KLINKHARDT, l. c. S. 345.

³⁾ P. SCHÜBEL, Z. anorg. Chem. 87 (1926), 97.

⁴⁾ A. MAGNUS, Ann. d. Phys. 31 (1910), 597.

⁵⁾ W. GAEDE, Phys. Ztschr. 4 (1902), 105.

Tabelle 1

Beobachter	18°	100°	200°	300°	400°	500°	600°	700°
SEEKAMP . .	0,0908	0,0938	0,0968	0,0994	0,1017	0,1040	0,1064	0,1088
SCHÜBEL . .	914	940	965	993	1014	1042	1080	
KLINKHARDT		947	978	1004	1028	1050	1073	1096

2. Aluminium

Das zu untersuchende Material¹⁾ hatte einen besonders hohen Reinheitsgrad, es enthielt nur 0,21% Fe und 0,10% Si. Das Aluminium wurde besonders sorgfältig untersucht, da sich bei den zuerst gemessenen Punkten herausstellte, daß nur bis 400° eine Übereinstimmung mit anderen Werten, besonders genau mit denen von SCHÜBEL, vorliegt. Die Punkte wurden nämlich in keinem Falle systematisch mit steigender Temperatur aufgenommen, sondern nach einer den

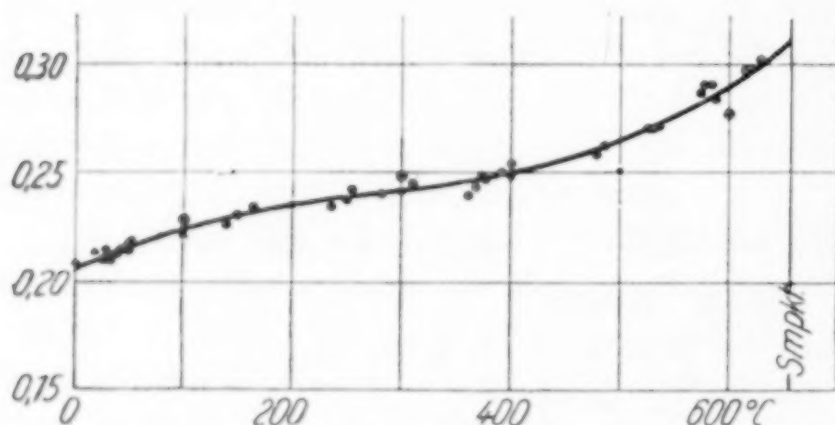


Fig. 6. Aluminium

⊕ EASTMAN, * SCHÜBEL ◇ GRIFFITHS
 △ JAEGER u. D. ○ SEEKAMP

ganzen Meßbereich bestreichenden Versuchsreihe wurde eine zweite wieder von Zimmertemperatur angefangen, um die Unversehrtheit des Thermoelements festzustellen. Die Werte vereinigen sich, wie man sieht, zu einer glatten Kurve. Diesmal wurden die hohen Tem-

peraturen so untersucht, daß die Gänge der Nachperiode möglichst nahe dem Wert Null kamen, was eine große Sicherheit der Versuche bewirkt. Trotzdem wurde wieder ein stärkerer Anstieg oberhalb von 400° beobachtet, so daß ich den Verlauf meiner Kurve für reell halte.

Es wird ja unterhalb von Schmelz- und Umwandlungspunkten häufig ein starker Anstieg der spezifischen Wärme beobachtet und zwar immer dann, wenn Verunreinigungen in den Stoffen vorhanden sind; denn es dürfte wohl als gesichert anzusehen sein, daß bei völlig reinen Stoffen ein solcher Anstieg nicht vorhanden ist, was z. B. auch an Werkblei und ganz reinem Blei von KLINKHARDT bestätigt werden konnte. Bei meiner Kurve ist es jedoch unwahrscheinlich, den bereits

¹⁾ Das Aluminium und Magnesium wurde mir durch Vermittlung von Herrn Dr. STAIB von der I.-G.-Farbenindustrie zur Verfügung gestellt, wofür an dieser Stelle herzlichst gedankt sei.

bei 400° beginnenden Anstieg insgesamt auf die Verunreinigungen zurückzuführen. Zwar zeigt eine Berechnung von DICKINSON und OSBORNE¹⁾, daß bereits sehr geringe Mengen von Verunreinigungen genügen, um einen beträchtlichen Anstieg hervorzurufen, der aber etwa 10—20°, höchstens 50° unterhalb des Schmelzpunktes beginnt.²⁾

Es resultiert also eine Kurve mit einem Wendepunkt, ein Verhalten, das in älteren Arbeiten für Metalle als typisch angesehen wurde.³⁾ In nachfolgender Tabelle sind zum Vergleich die von SCHÜBEL⁴⁾ EASTMAN, WILLIAMS und YOUNG, GRIFFITHS⁵⁾ und JAEGER und DIESSELHORST⁶⁾ gemessenen Werte mit aufgenommen worden.

Tabelle 2
Aluminium

Beobachter	18°	100°	200°	300°	400°	500°	600°
SEEKAMP	0,208	0,224	0,235	0,241	0,249	0,264	0,290
SCHÜBEL		223	234	242	248	254	
EASTMAN		228		248			277
GRIFFITHS		225					
JÄGER u. DIESSELH.	214	223					

3. Magnesium

Das Magnesium hatte ebenfalls einen sehr hohen Reinheitsgrad. Die Summe aller Verunreinigungen betrug 0,08%. Um den Körper

¹⁾ H. C. DICKINSON u. N. S. OSBORNE, Bull. Bur. Stand. 12 (1915), 49.

²⁾ An dieser Stelle möge einmal die Mischungsmethode mit dem direkten Verfahren verglichen werden, um die Zuverlässigkeit des letzteren nachzuweisen. E. D. EASTMAN, A. M. WILLIAMS u. T. F. YOUNG, Journ. Amer. Chem. Soc. 46 (1924), 1178, messen die Wärmekapazitäten eines Mols (bzw. Gramms) Aluminium zwischen 20° und einer variablen Temperatur ϑ . Sie stellen die erhaltenen Resultate durch eine Kurve zweiten Grades dar und finden für $\vartheta < 600$ in unseren Bezeichnungen $i = -132,2 + 5,901 \vartheta + 1,306 \cdot 10^{-3} \vartheta^2$. Indessen können hierdurch Feinheiten im Verlauf der wahren Kurve nicht wiedergegeben werden. Denn nunmehr muß der Verlauf der c_p -Kurve geradlinig sein, was sicher nicht der Fall ist

$$(c_p = \frac{d i}{d \vartheta} = 5,901 + 2,612 \cdot 10^{-3} \vartheta).$$

Ein Vergleich beider Methoden ist somit nur dadurch möglich, daß man den letzten Meßpunkt der Autoren, die Wärmekapazität von 1 g Al zwischen 20 und

600° mit $\int_{20}^{600} c_p d \vartheta$ meiner Kurve vergleicht. Für $\vartheta = 600$ wird durch Einsetzen

in die Gleichung $i = 143,2 \text{ cal/g}$, während die Integration $i = 142,0$ liefert. Die Übereinstimmung beider Zahlen ist recht befriedigend.

³⁾ Vgl. z. B. R. LAEMMEL, Ann. Phys. (4) 23 (1907), 63.

⁴⁾ P. SCHÜBEL, l. c. S. 355.

⁵⁾ E. H. u. E. GRIFFITHS, Proc. Roy. Soc. (A) 88 (1913), 594.

⁶⁾ W. JAEGER u. H. DIESSELHORST, Wiss. Abh. P.T.R. 3 (1900), 269.

nicht allzu leicht werden zu lassen — die Dichte des Magnesiums ist 1,7 — wurden diesmal statt der fünf Bohrungen nur drei angebracht und dementsprechend die Heizdichte etwas vergrößert, damit wieder nur kurze Heizzeiten genommen zu werden brauchten.

Bei der Entgasung stellte sich heraus, daß das Magnesium bereits bei 500° (also 150° unterhalb seines Schmelzpunktes) so stark verdampft, daß alle Metallteile, insbesondere die bisher noch ungeschützten Thermoelementdrähte, in kurzer Zeit mit einem Magnesiumüberzug versehen waren. Daher wurden von jetzt ab die Thermo-

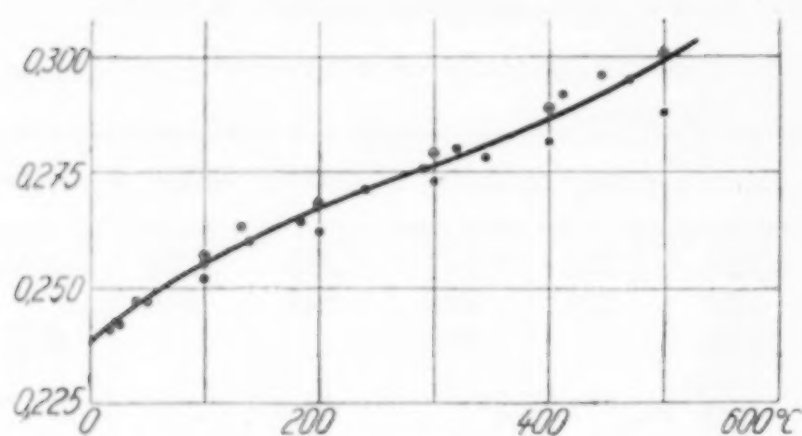


Fig. 7. Magnesium

⊕ EASTMAN * SCHÜBEL ◇ SCHIMPF
 ⊙ SEEKAMP

elementdrähte in ganz feinen Quarzkapillaren verlegt und zwar vom Versuchskörper an bis ins Freie und waren so vor verdampfendem Metall geschützt. Die Versuche mußten bei 470° abgebrochen werden; schon bei dieser Temperatur war ein feiner Schleier über den Metall-

und Glasteilen zu bemerken, der zu Nebenschlüssen und damit zu Fälschungen der Resultate Anlaß geben konnte. Das Verhalten der Kurve in der Nähe des Schmelzpunktes wäre im Falle des Magnesiums interessant gewesen, da sein Reinheitsgrad noch viermal so groß war, wie der des Aluminiums.

Tabelle 3
 Magnesium

Beobachter	18°	100°	200°	300°	400°	500°
SEEKAMP	0,242	0,255	0,267	0,276	0,287	0,299
EASTMAN		257	268	279	289	301
SCHÜBEL		252	262	273	282	288
SCHIMPF	241					

Die entstandene Kurve scheint nach meinen Messungen wieder einen ganz schwachen Wendepunkt zu haben. Diesmal liegen die Werte von SCHÜBEL¹⁾ deutlich tiefer, während gute Übereinstimmung mit EASTMAN, WILLIAMS und YOUNG²⁾ besteht. Die SCHÜBEL'schen

¹⁾ P. SCHÜBEL, l. c., S. 355.

²⁾ E. D. EASTMAN, A. M. WILLIAMS u. T. F. YOUNG, l. c., S. 357, Anm. 2.

Werte dürften wohl etwas tief sein. Bei tiefen Temperaturen ergibt sich gute Übereinstimmung mit den Werten von SCHIMPF¹⁾

2. Teil. Flüssige Metalle

1. Die Konstruktion des Leergefäßes und sein Einbau

Da sich die Methode gut bewährte, ergab sich die Aufgabe, sie auch für solche Metalle nutzbar zu machen, die auf der Drehbank nicht bearbeitbar sind, sowie flüssige Metalle. In diesen Fällen muß man ein Leergefäß benutzen, in das das zu untersuchende Metall eingebracht wird. Prinzipiell hätte man an der beschriebenen Art der Heizung festhalten können. Dann wäre das Leergefäß ungefähr so auszubilden gewesen, daß sich in der Achse eines zylindrischen, becherförmigen Tiegels ein prismatischer Körper befindet, der (wie früher) fünf (oder weniger) Bohrungen enthält, in denen das Wendelsystem wie üblich ausgespannt ist und der von dem flüssigen Metall umgeben wird. Die Bohrungen hätten dann aber einen sehr kleinen Durchmesser erhalten müssen und die Gefahr, daß sich die Wendel dann beim Glühen an die Wandungen angelegt und so Kurzschlüsse hervorgerufen hätte, wäre unvermeidlich gewesen. Selbst bei minimalster Dimensionierung der Bohrungen ergab aber die Durchrechnung der Wärmekapazitätsverhältnisse eines derartigen Gefäßes so ungünstige Werte, daß dieses Verfahren von vornherein wenig aussichtsvoll war. Es zeigte sich nämlich, daß dann das Leergefäß 60—70% der gesamten Wärmekapazität beansprucht hätte. Der Fehler der einzelnen Messung wäre also rund auf das Dreifache angestiegen. Berücksichtigt man aber noch, daß bei Flüssigkeiten die Wärmeleitfähigkeit geringer ist als bei festen Körpern, so dürfte der Fehler auf etwa das Fünffache gewachsen sein. Das heißt aber, da wir bei den früheren Untersuchungen eine Fehlergrenze zwischen 1 und 2% gefunden haben, es würden Fehler bis zu 10% unvermeidlich sein. Ein derartiges Verfahren verbot sich also von selbst. Es kam somit darauf an, die Wärmekapazität des Leergefäßes erheblich herabzusetzen und dabei sein Fassungsvermögen möglichst noch zu vergrößern.

Dies erwies sich nun in der Tat als möglich, und zwar dadurch, daß die Wendel mit einer sehr dünnen Schicht eines temperaturbeständigen Isolationsmittels überzogen und direkt in das zu messende Metall eingehängt wurde. Als Isolator konnte der schon früher ver-

¹⁾ H. SCHIMPF, Z. phys. Chem. 71 (1910), 257.

wendete Porzellankitt¹⁾ benutzt werden. Die Wendel wurde entweder so mit einer dünnen Kittschicht umkleidet, daß man sie in den noch flüssigen Kitt eintauchte oder mittels eines Hölzchens mit demselben überstrich.²⁾ Durch Vorversuche wurde festgestellt, daß der Überzug gegen flüssige Metalle beständig genug war, freilich nur bis zu Temperaturen von 600—700°, da er wahrscheinlich infolge Entwicklung von CO_2 bei höheren Temperaturen allmählich brüchig wird.

Der Einbau des Thermoelements bedurfte für das Leergefäß einer Modifikation. Wie in Fig. 9 dargestellt, bekam der Deckel ein Ansatzrohr, in dessen Spitze ein Kupferring mittels eines Konstantanstäbchens eingetrieben wurde.

Der Aufbau des Körpers möge an Hand von Fig. 8 erklärt werden. Die nackte Wendel wird zunächst am Deckel befestigt, derart, daß der eine Zuführungsdraht (1) mit dem Deckel fest verklemmt wird, während der andere (2) durch ein Quarzröhrchen isoliert hindurchgeführt wird. Nunmehr kann die Wendel umkleidet und nach dem Trocknen der Deckel in dem becherförmigen unteren Teil fest eingeschraubt werden.

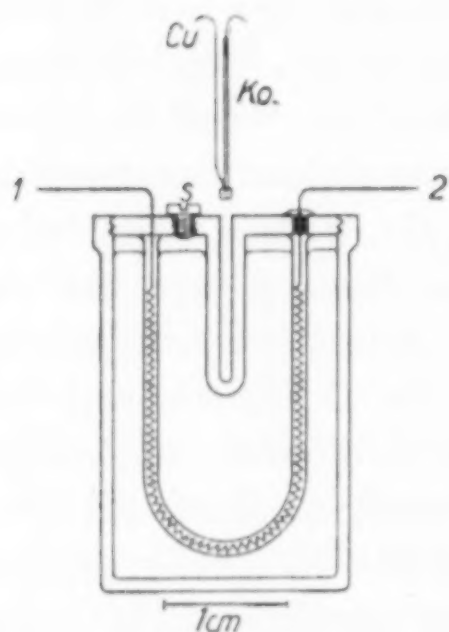


Fig. 8. Das Leergefäß für flüssige Metalle
1, 2 Wendelenden,
S Verschlussschraube,
Cu Kupferdraht,
Ko Konstantanstift

Jetzt wird der Körper zur Füllung in die Vakuumapparatur eingebaut, wobei über der Öffnung S, die später durch eine Schraube verschlossen wird, ein trichterförmiges Gefäß³⁾ montiert wird, das unten in eine Kapillare ausläuft und mit dem zu untersuchenden Metall gefüllt ist. Die Kapillare wird vorher in die Öffnung S eingepaßt. Das Gefäß ist mit einem kleinen elektrischen Ofen umwickelt, dessen Temperatur von außen reguliert werden kann.

Nach dem Auspumpen der Apparatur wird der elektrische Ofen angeheizt und das Metall fließt bei Erreichung seiner Schmelztem-

¹⁾ Er bestand aus Austernschalenpulver, das mit Wasserglas zu einem feinen Brei angerührt wurde.

²⁾ Die einzelnen Drahtwindungen liegen so dicht beieinander, daß der Kitt nicht in den axialen Hohlraum der Wendel eindringt, sondern ein Röhrchen um sie bildet. Beim Heizen wird dieses sowohl durch JOULE'sche Wärme als durch Strahlung erwärmt; der Wärmeübergang zum flüssigen Metall erfolgt dann nur durch Leitung.

³⁾ Im Falle des Thalliums z. B. aus Jenaer Glas.

peratur durch die Kapillare und die Öffnung *S* in das Leergefäß. Nach der Füllung wird dieses aus dem Vakuum herausgenommen und die Öffnung *S* durch die Schraube fest verschlossen; zum Schluß wird das Thermoelement in der oben beschriebenen Weise befestigt. Hiernach kann der Körper wie früher in die Apparatur endgültig eingebaut werden.

Es möge noch kurz bemerkt werden, daß bei derartigen Messungen die Materialfrage eine große Rolle spielt. Es dürfte nicht immer gelingen, ein Tiegelmateriale ausfindig zu machen, das sich mit seinem Inhalt nicht legiert, ein Beispiel hierfür bietet das flüssige Aluminium; während es andererseits bei den tiefer schmelzenden Metallen Fälle gibt, bei denen mehrere Materialien zur Anwendung kommen können. Ich werde weiter unten die Brauchbarkeit dieser neuen Methode am Thallium nachweisen, für das z. B. ein Eisen- oder Aluminiumtiegel in Frage kommt. In diesem Falle würde man, da man sich ja wegen der Wendelumkleidung ohnehin auf Messungen unterhalb von 600° beschränken muß, das Aluminium wählen, da es etwa die dreifache Wärmeleitfähigkeit besitzt wie das Eisen.

2. Meßverfahren

Das Meßverfahren als solches war genau das gleiche wie bei der im 1. Teil der Arbeit beschriebenen Methode. Solange der Inhalt des Gefäßes fest ist, gilt z. B. auch für die Gänge in bezug auf Linearität usw. das gleiche. Bei flüssigem Inhalt erfordert jedoch der Wärmeausgleich im ganzen Körper etwas längere Zeit. Die Nachperioden mußten daher über eine größere Zeit extrapoliert werden als bei den festen Körpern, was natürlich eine Vergrößerung der Fehler mit sich bringt. Während wir dort etwa 1% als Fehlergrenze hatten, steigt diese bei Flüssigkeiten auf ungefähr 3% an.

Das Verfahren ist übrigens auch gut zur Bestimmung von Schmelz- und Umwandlungswärmen geeignet, wie unten an der Umwandlungswärme der beiden Thalliummodifikationen gezeigt werden soll. Die Bedingung, daß die Heizvorrichtung hierbei im Innern des Versuchskörpers liegen muß, ist bei dieser Methode automatisch erfüllt.

3. Ergebnisse an festem und flüssigem Thallium

Das Metall¹⁾ wurde vor seiner Verwendung zunächst gereinigt. Zu diesem Zwecke wurde es im Vakuum umgeschmolzen und mußte dabei mehrmals durch Kapillaren fließen. Seiner großen Dichte von

¹⁾ Von E. MERCK, Darmstadt, bezogen.

11,8 wegen schwimmen oxydische Verunreinigungen oben und bleiben zurück. Als unterstes Gefäß war dabei das schon oben erwähnte trichterförmige Gefäß aufgestellt, mittels dessen das Metall in das Leergefäß gebracht wurde.

Nach kurzer Entgasung bei 500° wurden zunächst Schmelz- und Umwandlungspunkt durch Aufnahme der Abkühlungskurve bestimmt. Es ergaben sich Haltepunkte bei 293° und 226,4°. Zum Vergleich sei angeführt, daß die Schmelzpunkte in der Literatur von 285° (CROOKES) bis 301° schwanken (KURNAKOW und PUSCHIN¹), was durch den verschiedenen Reinheitsgrad der untersuchten Proben erklärt werden dürfte. Die Umwandlungstemperatur ist schon vielfach untersucht worden. In neuester Zeit durch die Methode der Änderung des elektrischen Widerstandes mit der Temperatur²), wobei ein Wert von 227° gefunden wurde. Da die Umwandlung mit ausreichender Geschwindigkeit verläuft, konnte die Umwandlungswärme vorläufig schon aus der Dauer des Haltepunktes mit einer TAMMANN'schen Beziehung³) zu 108 cal/g-Atom abgeschätzt werden.

Dann wurden die Messungen der spezifischen Wärmen vorgenommen. Die Resultate sind in Fig. 9 und Tabelle 5 dargestellt.

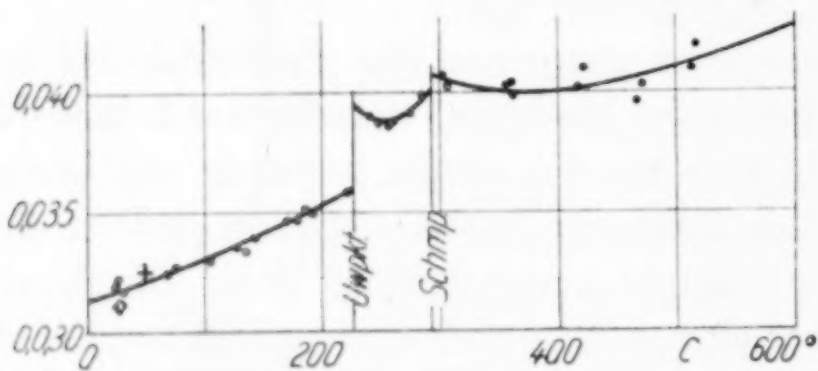


Fig. 9. Thallium

⊙ SEEKAMP + SCHMITZ ◇ EWALD

Da das Thallium bisher nur bei tiefen Temperaturen untersucht ist, liegen für den von mir untersuchten Bereich nur zwei Punkte von SCHMITZ⁴) und EWALD⁵) vor, an die sich meine Kurve gut anpaßt. In der

Nähe des Umwandlungspunktes wurde möglichst sorgfältig gemessen. Da man hier mit einem kleineren $\Delta \vartheta$ auskommen muß, wäre es möglich, daß der letzte Punkt bei 223° einen etwas größeren Fehler hätte, wie die anderen, so daß er auch etwas höher liegen könnte. Jedenfalls wurde ein merklicher Anstieg vor dem Umwandlungspunkt

¹) N. S. KURNAKOW u. N. A. PUSCHIN, Z. anorg. u. allg. Chem. **30** (1902), 86.

²) A. SCHULTZE, Z. angew. Chem. **42** (1929), 1095.

³) $l_u = \text{const} \cdot \Delta t_e \cdot \frac{d\vartheta}{dt}$, l_u = Umwandlungswärme, Δt_e = Dauer des Haltepunktes.

⁴) H. C. SCHMITZ, Proc. Roy. Soc. **72** (1903), 177.

⁵) R. EWALD, Ann. d. Phys. **44** (1914), 1213.

nicht beobachtet. Dagegen zeigt sich, wie es häufig beobachtet wird, nach dem Umwandlungspunkt ein deutlicher Abfall und nach dem Durchlaufen eines Minimums bemerken wir vor dem Schmelzpunkt wieder ein Ansteigen der Kurve.

Tabelle 4
Thallium, fest

Beobachter	18°	28°	50°	100°	200°	220°	230°	260°	290°
SEEKAMP . .	0,0316	0,0317	0,0321	0,0330	0,0353	0,0358	0,0390	0,0390	0,0399
EWALD . . .		0,0312							
SCHMITZ . . .			0,0324						

Thallium, flüssig

Beobachter	300°	360°	400°	500°
SEEKAMP	0,0406	0,0400	0,0400	0,0411

Die Umwandlungswärme bei 227° beträgt 98 cal/g-Atom

Im flüssigen Gebiet zeigt sich ein ähnliches Verhalten. Die Minima liegen ungefähr bei 254° und bei 380°. Das Durchlaufen eines Minimums kurz oberhalb der Schmelzpunkte wird bei vielen Flüssigkeiten beobachtet, so daß der Befund am Thallium die Möglichkeit, daß hier eine allgemein gültige Erscheinung vorliegt, weiter stützt.¹⁾

Zum Schluß ist die Umwandlungswärme des Thalliums bestimmt worden. Ich ging in bekannter Weise so vor, daß ich die Temperatur auf etwa 224° einstellte; dann wurde so lange geheizt, bis sich die Temperatur kurz oberhalb des Umwandlungspunktes befand. Als dann gilt die Beziehung

$$\Delta i = \int_{T_1}^{T_u} c_{p_1} dT + l_u + \int_{T_u}^{T_2} c_{p_2} dT,$$

aus der sich die Umwandlungswärme l_u leicht berechnen läßt. Aus zwei derartigen Versuchen ergaben sich die Werte 100,8 und 94,4, so daß als Mittelwert 97,6 cal/g-Atom mit einer Genauigkeit von $\pm 3\%$ folgt.²⁾

¹⁾ Vgl. hierzu auch A. EUCKEN und H. SEEKAMP, Z. phys. Chem. 134 (1928), 178.

²⁾ Die Zahl der Versuche mußte leider so stark beschränkt werden, da die Wendel in der vorliegenden Form gegen länger dauernde Belastungen noch nicht widerstandsfähig genug ist. Die kurze Heizdauer der einzelnen Versuche verträgt sie ohne weiteres viele Male. Bei der Bestimmung von Umwandlungs- und Schmelzwärmen wird sie jedoch viele Minuten lang beansprucht und hierbei tritt häufig

Zusammenfassung

Es wird ein Verfahren zur Messung wahrer spezifischer Wärmen beschrieben, das als Energiequelle die Wolframwendel benutzt. Im Falle fester Metalle ist sie in zylindrischen Bohrungen im Körper ausgespannt und die Wärmemenge ΔQ wird dem Körper in der Weise zugeführt, daß man die Wendel kurze Zeit strahlen läßt. Die dadurch hervorgerufene Temperaturerhöhung ΔT wird mittels Thermo-elementes gemessen.

Für flüssige Metalle läßt sich das Verfahren in der Weise modifizieren, daß man die Wendel mit einer sehr dünnen Schicht eines geeigneten Isolators, z. B. Porzellankitt, röhrenartig umkleidet und direkt in die Flüssigkeit einhängt.

Die Leistungsfähigkeit der Methoden wird am festen Cu, Al, Mg und Tl sowie an flüssigem Tl nachgewiesen, deren spezifische Wärmen neu bestimmt werden.

ein Durchbrennen ein. Die Schmelzwärme des Thalliums konnte daher nicht noch einmal neu bestimmt werden. Zur Ergänzung seien jedoch die früheren Bestimmungen hier zusammengestellt. C. T. HEYCOCK u. F. H. NEVILLE, Journ. Chem. Soc. 65 (1894), 31, messen die Schmelzpunktserniedrigung des Thalliums durch Zusätze von Ag, Au und Pt. Sie finden für das Verhältnis 1 g-Atom Substanz auf 100 g-Atome Tl in diesen drei Fällen ein konstantes ΔT von 6,31° im Mittel. Aus dieser Größe berechnen sie die Schmelzwärme l_e mittels der Formel für die Gefrierpunktserniedrigung, die dann die Form

$$l_e = \frac{0,02 T_e^2}{6,31}$$

annimmt, wenn T_e die Schmelztemperatur des Thalliums bedeutet. Da bei ihnen $T_e = 574^\circ$, wird $l_e = 1044$ cal/g-Atom oder 5,12 cal/g. P. W. ROBERTSON, Journ. Chem. Soc. 81 (1902), 1240, bestimmt mit dem Mischungskalorimeter den Wärmeinhalt von 1 g Tl bei verschiedenen Temperaturen von $T = 503^\circ$ bis $T = 623^\circ$. Beim Schmelzpunkt, den er zu $T_e = 563^\circ$ annimmt, ergibt sich aus zwei Versuchsreihen mit verschiedenen Mengen Tl im Mittel 7,2 cal/g entsprechend 1470 cal/g-At. als Sprung der Wärmeinhaltskurve. Eine Kritik der beiden Werte kann mit der Beziehung $l_e = k T_e$ (J. W. RICHARDS) versucht werden. Die Größe k zeigt nämlich eine besonders gute Konstanz für Elemente, die in der gleichen Spalte des periodischen Systems stehen und im festen Zustande dem gleichen Kristallsystem angehören. In der Gruppe des Thalliums kommt zum Vergleich nur das Aluminium in Frage, das allerdings anders kristallisiert. Für letzteres ergibt sich $k = 2,69$, für Tl mit dem ROBERTSON'schen Wert der Schmelzwärme $k = 2,61$, während mit dem Wert von HEYCOCK und NEVILLE $k = 1,82$ wird. — Es dürfte eine lohnende Aufgabe sein, den beschrittenen Weg weiter zu verfolgen, z. B. die Wendel nach einem von O. RUFF entwickelten Verfahren in Al_2O_3 einzubrennen, das sowohl gegen Wolfram, als auch gegen flüssige Metalle ziemlich indifferent ist.

Am Tl wird außerdem die Umwandlung $Tl_{\alpha} \rightarrow Tl_{\beta}$ neu untersucht. Der Umwandlungspunkt wird bei $226,7^{\circ}\text{C}$ gefunden; die Umwandlungswärme ergibt sich zu 98 cal/g-Atom .

Ich möchte meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. A. EUCKEN, der die Anregung zu dieser Arbeit gab, für seine mannigfaltigen Ratschläge und Hinweise herzlichst danken. Der Fortgang der Untersuchungen ist durch sie sehr gefördert worden.

Breslau, Physikalisch-chemisches Institut der Technischen Hochschule, im September 1930.

Bei der Redaktion eingegangen am 11. November 1930.

Zur Theorie der Rekristallisation

Von J. A. M. VAN LIEMPT

Mit 14 Figuren im Text

Außer den Anschauungen von H. ALTERTHUM besitzen wir keine mathematisch entwickelte Rekristallisationstheorie.¹⁾ Seine Betrachtungen sind aber sehr spekulativ, und er muß fiktive Größen einführen, um die Theorie mit dem Experiment in Übereinstimmung zu bringen. Außerdem wird auf diese Weise nur ein Teil des Rekristallisationsdiagrammes erklärt.²⁾

Im folgenden wird versucht auf ganz anderem Wege eine vollständigere Rekristallisationstheorie zu entwickeln. Sie beschränkt sich aber auf die sogenannte „Bearbeitungsrekristallisation“. Die sekundären Erscheinungen der Oberflächenrekristallisation sowie die TAMMANN'sche Zwischensubstanztheorie bleiben unverändert bestehen und können weiter herangezogen werden, um das gegebene Bild zu ergänzen.

I. Die Abhängigkeit der Geschwindigkeit des Platzwechsels der Atome untereinander als Funktion der Temperatur

A. Unikristallinisches Material

Wir nehmen an, daß in festem Zustande nur diejenigen Atome platzwechseln können, welche eine Energie besitzen gleich einem oder größer als ein Wert E , welcher bestimmt wird durch $E = a r_0^2$, wo r_0 die minimale Amplitude eines Atoms vorstellt, welche nötig ist, um platzwechselfähig zu sein.

Die kinetische Gastheorie lehrt uns, daß dieser Bruchteil nach allen Richtungen³⁾

$$\alpha' = e^{-\frac{E}{kT}} \quad (I)$$

¹⁾ H. ALTERTHUM, Z. Metallk. 14 (1922), 417.

²⁾ Vgl. auch die Kritik von F. SAUERWALD, V. MÜLLER-POUILLET, Wärmelehre 1926, 1. Hälfte, S. 582.

³⁾ Für diese Formel vgl. besonders C. N. HINSHELWOOD, „Reaktionskinetik gasförmiger Systeme“, Leipzig 1928. Weiter auch H. BRAUNE, „Über Diffusion in Mischkristallen“, Z. phys. Chem. 110 (1924), 149. Unsere weitere Ableitung schließt für einen Teil an die von BRAUNE an.

und für ein reguläres Gitter in einer Richtung

$$\frac{1}{6} \alpha' = \frac{1}{6} e^{-\frac{E}{kT}}$$

Nennen wir weiter die „Springzeit“ eines diffundierenden Atoms ξ und den Bruchteil, der pro Sekunde in einer Richtung platzwechselt $= \alpha$, so ist

$$\alpha = \frac{\frac{1}{6} \alpha'}{\xi}.$$

ξ ist aber gleich oder kleiner als ein Viertel der Schwingungszeit eines Atoms, oder $\xi \leq \frac{1}{4\nu}$, worin ν die charakteristische Atomfrequenz pro Sekunde ist, welche wie bei der EINSTEIN'schen Theorie der spezifischen Wärme monochromatisch angenommen wird. Man kann ν auch die mittlere Frequenz nach der DEBYE'schen Theorie der spezifischen Wärme nennen.

Machen wir weiter die plausible Annahme, daß Amplituden, welche viel größer sind als r_0 , nicht vorkommen können, so wird annähernd:

$$\begin{aligned} \xi &= \frac{1}{4\nu} \\ \alpha &= \frac{2}{3} \alpha' \nu. \end{aligned} \quad (\text{II})$$

Mit LINDEMANN nehmen wir weiter an, daß Schmelzung einer Substanz eingetreten ist, sobald die mittlere Amplitude einen bestimmten Wert erreicht hat ($= r_s$), welcher gleich dem halben Abstand der Oberflächen der Wirkungssphären der Atome ist (vgl. Fig. 1). Die Amplitude, welche minimal nötig ist zur Platzwechselfähigkeit, ($= r_0$) ist in Analogie mit LINDEMANN bei mittleren Temperaturen also ungefähr zweimal so groß¹⁾)

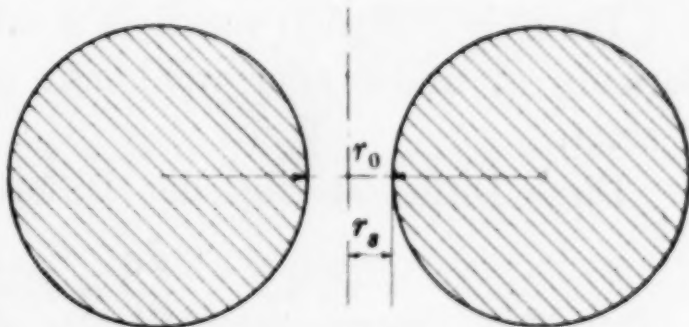


Fig. 1. Wirkungssphäre der Atome im festen Zustand

¹⁾ $2 r_s = \pm \frac{1}{10} p$ A. EUCKEN, Chem. Physik, Leipzig 1930, 644. Eine genaue Berechnung von b ist unmöglich, das obwohl der Atomabstand als auch der Durchmesser der Wirkungssphären sich mit der Temperatur ändern. Beim Schmelzpunkt wird r_0 sich immer mehr r_s nähern.

$$r_0 = b r_s \quad \text{wo } b \pm 2 \text{ ist,}$$

$$E = a r_0^2 = a b^2 r_s^2.$$

Nun ist $a r_s^2$ ungefähr $= 3k T_s$, welchen Wert man in bestimmten Fällen, wo die Abweichung vom Gesetz von Dulong und Petit bekannt ist, zu ändern hat

$$E = 3k b^2 T_s.$$

Die mittlere Zeit des Platzwechsels in einer Richtung $t = 1/\alpha$ wird also bestimmt durch:

$$t = \frac{3e^{\frac{3b^2 T_s}{T}}}{2\nu} \quad (\text{III})$$

$\left(\frac{3}{2}e^{\frac{3b^2 T_s}{T}}\right)$ gibt die Anzahl Schwingungen an, welche ein Atom ausführt, bevor es in einer Richtung platzwechselt).

Mit Hilfe dieser Formel läßt sich leicht eine allgemeine Diffusionsformel ableiten, welche dazu dienen kann dieselbe zu prüfen, und die wir auch weiter noch nötig haben werden.

Wir denken uns zwei reguläre Metalle A und B , die untereinander eine kontinuierliche Reihe von Mischkristallen bilden, durch eine flache Wand voneinander getrennt, so daß die Berührung so fest wie möglich ist. Beide Metalle haben also dasselbe Raumgitter und nahezu gleichen Atomabstand.¹⁾ Der Schmelzpunkt von A sei niedriger als von B , indem weiter B unikristallin gedacht wird. Bei Erhitzung auf bestimmte Temperatur wird A mit merklicher Geschwindigkeit in B diffundieren.

Die freie Diffusion von B in A ist zu vernachlässigen (vgl. spätere Formel), es findet aber wohl eine gezwungene Diffusion von B in A statt.

Diese Diffusion folgt der Differentialgleichung:

$$\frac{dc}{dt} = D \frac{d^2c}{dx^2}$$

welche als Lösung ergibt²⁾:

$$C = \frac{2c_0}{\sqrt{\pi}} \int_0^\infty e^{-\omega^2} d\omega$$

$$\frac{x}{2\sqrt{Dt}}$$

oder da

¹⁾ J. A. M. VAN LIEMPT, Rec. trav. chim. 45 (1926), 203.

²⁾ NERNST-SCHÖNFLIES (1923), 433ff.

$$\int_0^{\infty} e^{-\omega^2} d\omega = \frac{\sqrt{\pi}}{2}$$

$$\frac{c}{c_0} = 1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\frac{x}{2\sqrt{Dt}}} e^{-\omega^2} d\omega,$$

wo c_0 = Konzentration von A in $A = 100\%$, c = Konzentration von A in B zur Zeit t auf Abstand x von der Trennungsfläche, D = Diffusionskoeffizient, indem das vorkommende Integral das Fehlerintegral von GAUSS ist. Die Formel genügt den Grenzbedingungen:

für $x = 0$ und alle t ist $c = c_0$,

für $t = 0$ und alle x ist $c = 0$.

Mit Hilfe der Tabellen von JAHNKE-EMDE¹⁾ kann man für jeden Wert des Integrals den Wert von $\frac{x}{2\sqrt{Dt}}$ finden. Diese Gleichung gibt einen Verlauf der Konzentration von A in B , welche an der Trennungsfläche mit 100% anfängt und konkav nach unten verläuft zu

$$\frac{x}{2\sqrt{Dt}} = \infty \text{ (vgl. Fig. 2).}$$

Praktisch ist der c -Wert für $\frac{x}{2\sqrt{Dt}} = 2,87$ schon in vier Dezimalen = 0.

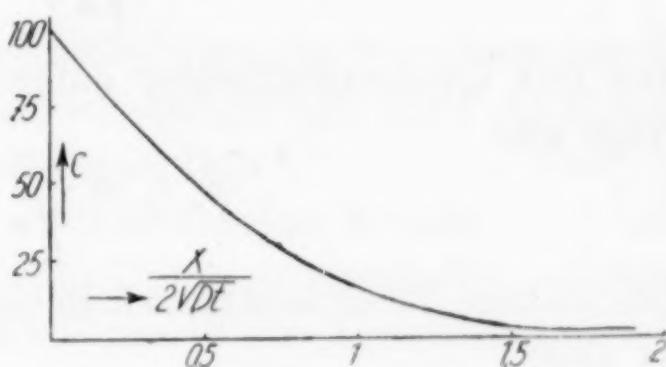


Fig. 2. Verlauf der Konzentration bei Diffusion

Aus den Tabellen findet man z. B.:

c	$\frac{2}{\sqrt{\pi}} \int$	$\frac{x}{2\sqrt{Dt}}$
0,0 ₄	1,00	2,87
2,5	0,975	1,58
5,0	0,95	1,39
10,0	0,90	1,16
20,0	0,80	0,91
30,0	0,70	0,73
40,0	0,60	0,60
50,0	0,50	0,48
75,0	0,25	0,22
100,0	0,00	0,00

¹⁾ JAHNKE-EMDE, Funktionentafeln, Leipzig 1928, S. 31.

Für den Inhalt des Konzentrationsdiagramms finden wir:

$$I = \int_{c=0}^{c=c_0} \frac{x}{2\sqrt{Dt}} dc.$$

$$dc = -\frac{2c_0}{\sqrt{\pi}} d \int_0^{\frac{x}{2\sqrt{Dt}}} e^{-w^2} dw = -\frac{2c_0}{\sqrt{\pi}} \frac{1}{2\sqrt{Dt}} e^{-\frac{x^2}{4Dt}} dx$$

$$I = -\frac{2c_0}{\sqrt{\pi}} \frac{1}{4Dt} \int_{x=\infty}^{x=0} x e^{-\frac{x^2}{4Dt}} dx = \frac{c_0}{\sqrt{\pi}}.$$

Die mittlere Verschiebung der *A*-Atome in *B* in einer Richtung = a_m ist also bestimmt durch¹⁾

$$\frac{a_m}{2\sqrt{Dt}} c_0 = \frac{c_0}{\sqrt{\pi}}$$

oder

$$a_m = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \sqrt{Dt}. \quad (\text{IV})$$

Die pro Quadratcentimeter aufgenommene Quantität *A* in *B* beträgt also

$$a_m c_0 = \frac{2c_0}{\sqrt{\pi}} \sqrt{Dt}. \quad (\text{V})$$

Die mittlere Verschiebungszeit in einer Richtung für einen Abstand a_m ist also:

$$t = \frac{\pi}{4} \frac{a_m^2}{D}.$$

Setzen wir nun a_m gleich dem minimalen Atomabstand in *B* = p , dann finden wir die mittlere Zeit des Platzwechsels von *A*-Atomen in *B* über einen Atomabstand in einer Richtung

$$t = \frac{\pi}{4} \frac{p^2}{D}. \quad (\text{VI})$$

Bei einem einfachen kubischen Gitter z. B. ist p identisch mit der Gitterkonstante; bei einem kubischzentrierten Gitter ist $p = \frac{1}{2} a \sqrt{3}$; bei einem flächenzentrierten Gitter ist $p = \frac{1}{2} a \sqrt{2}$, wo a die Kantenlänge des Elementarwürfels vorstellt.

Aus Formel (VI) folgt, daß der Bruchteil der Atome α , der pro

¹⁾ Dieser Wert wird nicht geändert, wenn man die Verschiebung der Trennungsfläche durch die Diffusion berücksichtigt.

Sekunde in einer Richtung platzwechselt, wie folgt dargestellt werden kann:

$$\alpha = \frac{4D}{\pi p^2} \quad \text{oder} \quad D = \frac{\pi p^2}{4} \alpha.$$

D ist also nach (II)

$$\frac{\pi p^2}{4} \cdot \frac{2}{3} \alpha' \nu = \frac{1}{6} \pi p^2 \alpha' \nu$$

und nach (I)

$$D = \frac{\pi p^2 \nu}{6} e^{\frac{-3b^2 T_s}{T}} \quad (VII)$$

BRAUNE berechnete aus seinen Diffusionsmessungen von Ag in Au $b = 1,9^2)$ und wir selbst fanden für die Diffusion von Mo in W, nach Einführung des verbesserten Wertes $4 K T_s$ statt $3 K T_s$, ebenfalls $b = 1,9.^3)$

Die gegebene Formel für D stellt eine allgemeine Diffusionsformel dar, welche im voraus die Diffusionskonstante zu berechnen gestattet, wobei

p = minimaler Atomabstand des Metalls, worin die Diffusion stattfindet.

ν = die charakteristische monochromatische Atomfrequenz des diffundierenden Metalles, welche sich mit Hilfe der LINDEMANN'schen Formel berechnen läßt.⁴⁾

T_s = der Schmelzpunkt des diffundierenden Metalls.

T = die Temperatur, wobei die Diffusion stattfindet, während der Faktor 3 zu ändern ist, gemäß den Abweichungen vom Gesetz von DULONG und PETIT

und $b = \pm 2$.

Ist einmal die Diffusionskonstante als Funktion der Temperatur bekannt, so hat man hier eine neue Methode, den ν -Wert, wenigstens annähernd, zu berechnen.

So findet man z. B. aus den Zahlen von BRAUNE nach Umrechnung von D in cm^2/sec

$$\frac{\pi p^2 \nu}{6} = e^{-7,70} = \frac{1}{2188}.$$

¹⁾ Man bedenke, daß bei Metallen, welche eine kontinuierliche Reihe von Mischkristallen bilden, die p -Werte und auch die r_0 -Werte nahezu gleich sind.

²⁾ H. BRAUNE, l. c.

³⁾ Diese Messungen werden später veröffentlicht. Für die Atomwärme des Wolframs bei hoher Temperatur vgl. C. ZWIKKER, Physica 8 (1928), 329. Wir nehmen an, daß dieselben Zahlen für Molybdän gültig sind.

⁴⁾ Man nehme für das diffundierende Metall immer das niedrigst schmelzende; nur falls die Schmelzpunkte sehr verschieden sind, was nur selten der Fall ist, muß die „freie“ Rückdiffusion in Betracht gezogen werden.

Da für Ag (flächenzentriert) $a = 4,06 \cdot 10^{-8}$ cm und $p = \frac{1}{2} a \sqrt{2} = 2,87 \cdot 10^{-8}$ cm, findet man

$$\nu = 1,1 \cdot 10^{12},$$

während man nach LINDEMANN

$$\nu = 4,6 \cdot 10^{12}$$

berechnet.¹⁾

B. Deformiertes Material

Wir werden jetzt dazu übergehen, ähnliche Betrachtungen aufzustellen für das deformierte Metall. Wir müssen dabei zurückgreifen auf Überlegungen, welche schon vor Jahren aufgestellt worden sind und die sich darum bemühen, die Änderungen, welche die elektrische Leitfähigkeit bei Kaltbearbeitung erfährt, näher zu verstehen.²⁾

Wie bekannt, nimmt der elektrische Widerstand bei Kaltbearbeitung zu, nach dem Grade der Kaltbearbeitung; dieser Zusatzwiderstand ist aber unabhängig von der Temperatur.³⁾ Man kann aber ebenso gut dem kaltbearbeiteten Metall eine Zusatzenergie zuschreiben, auch unabhängig von der Temperatur.

Welche Auffassung die theoretisch richtige ist, könnte man nur prüfen bei Metallen, deren Widerstandskurve mit der Temperatur gekrümmt verläuft. Da dieselbe aber meistens linear ist, sind beide Auffassungen für unsere weiteren Betrachtungen gleichgültig. Auch sind sie unabhängig davon, wie man sich den Sitz dieser Zusatzenergie denkt. Meiner persönlichen Meinung nach muß sie in den Elektronenhüllen der Atome festgelegt sein, da u. a. die wahrgenommenen großen Änderungen des elektrischen Widerstandes bei Kaltbearbeitung (bis 60%) nicht durch reine geometrische Störungen des Raumgitters, die sich außerdem noch gegenseitig beseitigen müssen, zu erklären sind.⁴⁾ Die Auffassung von SAUERWALD, daß die Stellen erhöhter Energie verursacht werden durch eine örtliche größere Amplitude, ist für die Vorstellung vielleicht einfacher.⁵⁾

¹⁾ Die Zahlen von H. BRAUNE gelten eigentlich für polykristallinisches Material, unsere Formel für unikristallinisches Material. Wir hoffen, später darauf zurückzukommen. Vorläufig möge dieses Beispiel genügen, um den Leser zu beruhigen.

²⁾ W. GEISS u. J. A. M. v. LIEMPT, Zur Bedeutung der Kaltbearbeitung auf Grund elektrischer Messungen. Z. anorg. u. allg. Chem. 143 (1925), 26.

³⁾ W. GEISS u. J. A. M. v. LIEMPT, Das erweiterte Gesetz von Matthiessen. Z. Physik 41 (1927), 867.

⁴⁾ W. GEISS u. J. A. M. v. LIEMPT, Z. Metallk. 18 (1926), 216; Z. Physik 45 (1927), 631.

⁵⁾ F. SAUERWALD, Z. Elektrochem. 15 (1923), 83.

Die Zusatzenergie der kaltbearbeiteten Metalle läßt sich nun berechnen, falls man annehmen will, daß der Widerstand der kaltbearbeiteten Metalle z. B. bei 0° C identisch ist mit dem des undeformierten bei $t^{\circ}\text{C}$ (Fig. 3).

ΔE pro Grammatom = $M c t$,
wobei t bestimmt wird durch die Gleichung:

$$R_k = R_0 (1 + \alpha t),$$

wo R_k = Widerstand des kaltbearbeiteten Metalls,

R_0 = Widerstand des undeformierten Metalls,

α = Temperaturkoeffizient des elektrischen Widerstandes.

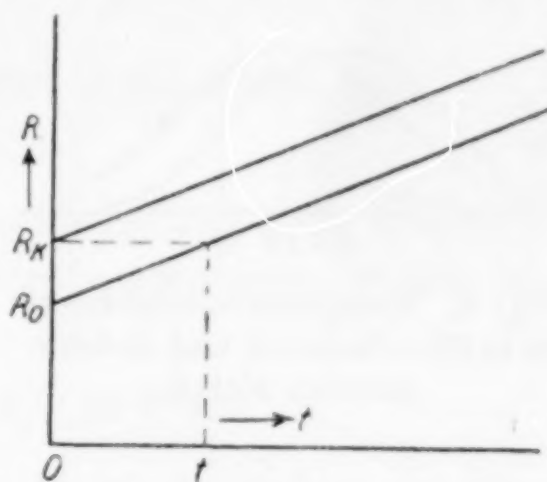


Fig. 3. Verlauf des elektrischen Widerstandes mit der Temperatur des kaltbearbeiteten Metalles und des undeformierten Metalles

$$t = \frac{R_k - R_0}{\alpha R_0}.$$

Wir definieren jetzt $\frac{R_k - R_0}{R_0}$ bei 0° C als Deformationsgrad = β .

Diese Definition ist physikalisch besser begründet als die technischen Begriffe „Walz- oder Stauchgrad“, die außerdem abhängig sind von der Bearbeitungstemperatur.

$$t = \frac{\beta}{\alpha}$$

und

$$\Delta E = \frac{M c \beta}{\alpha}$$

und da $M c$, solange das Gesetz von DULONG und PETIT erfüllt ist, rund 6, und α rund 0,005 beträgt:

$$\Delta E = 1200 \beta^1)$$

$$\Delta E \text{ pro Atom also } \frac{1200 \beta}{N},$$

wo N die Avogadrozahl bedeutet.¹⁾

¹⁾ Diese Zusatzenergie ist u. a. auch die Ursache für die wahrgenommene größere Verdampfungsgeschwindigkeit des deformierten Materials [SAUERWALD, Z. Physik 41 (1927), 355]. Die Dampfdruckgleichung für das deformierte Material lautet $\ln p = -\frac{Q_v - \Delta E}{R T} + B$, während für das undeformierte $\ln p = -\frac{Q_v}{R T} + B$ gilt. Auch die Erhöhung der elektromotorischen Kraft durch Kaltbearbeitung läßt sich einfach aus der Zusatzenergie berechnen. Der Faktor 1200 kann für jeden Spezialfall mit größerer Genauigkeit berechnet werden.

Der Bruchteil der Atome, welche Energie $= E$ besitzen, nötig zum Platzwechsel, beträgt für das deformierte Metall (vgl. Fig. 4)

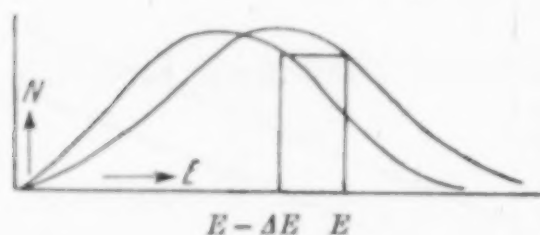


Fig. 4. Energieverteilungskurve im kaltbearbeiteten und undeformierten Metall

$$\frac{\Delta N}{N} = \alpha' = e^{-\frac{(E - \Delta E)}{K T}} = e^{-\frac{E}{K T} + \frac{1200 \beta}{R T}}$$

$$\alpha' = e^{-\frac{3 b^2 T_s}{T} + \frac{600 \beta}{T}}$$

Für die mittlere Zeit des Platzwechsels pro minimalem Atomabstand in einer Richtung, finden wir also nach (III)

$$t = \frac{3}{2 \nu} e^{\frac{3 b^2 T_s}{T} - \frac{600 \beta}{T}}$$

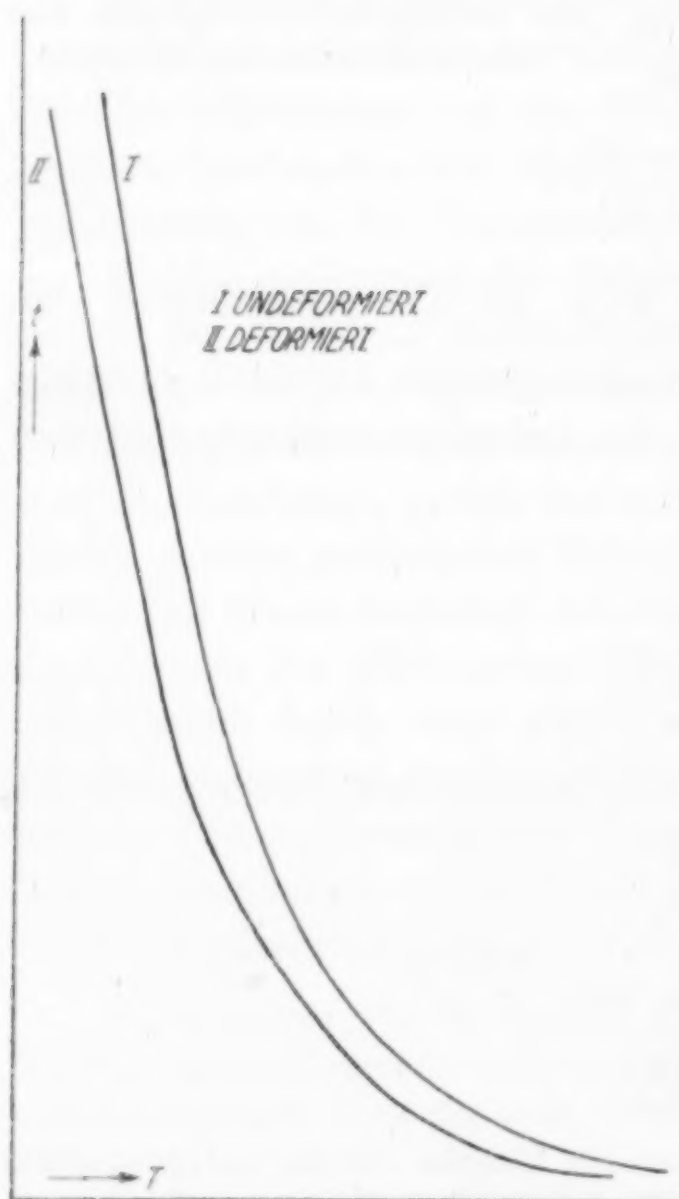


Fig. 5. Mittlere Zeit des Platzwechsels als Funktion der Temperatur

Diese Formel gilt streng genommen nur für deformiertes unkristallinisches Material; da sich aber nach einiger bedeutender Kaltbearbeitung durch Aufhebung der Korngrenzen poly- und unkristallinisches Material nicht mehr unterscheiden, tatsächlich für beide; nur wird β , bei einem gleichen Bearbeitungsgrad, für das unkristallinische Material kleiner sein.

Graphisch dargestellt werden sich für die Abhängigkeit von t als Funktion von der Temperatur Kurven ergeben, wie in Fig. 5 dargestellt. Bei derselben Temperatur ist t für das deformierte Metall kleiner als für das undeformierte, je nach der Größe von β ; der Unterschied nimmt aber bei höherer Temperatur ab.

Es fragt sich noch, ob die Zusatzenergie, falls man sich dieselbe in den Elektronenhüllen der Atome festgelegt denkt, nicht zu unwahrscheinlichen Werten führt.

Wir berechnen für

$$\Delta E \text{ pro Atom} = \frac{1200\beta}{N}.$$

Mit $N = 6 \cdot 10^{23}$ und für β als Höchstwert $= 0,5$ findet man

$$E = 10 \cdot 10^{-22} \text{ cal.}$$

Die Arbeit für Ionisation $= e I$, wo e die Ladung eines Elektrons $= 1,6 \cdot 10^{-19}$ Coulomb und I die Ionisierungsspannung, welche im Mittel 10 Volt beträgt.

$$e I = 1,6 \cdot 10^{-18} \text{ Joule} = 3,8 \cdot 10^{-19} \text{ cal.}$$

Das Verhältnis der Zusatzenergie zur Ionisierungsarbeit ist also $2,6 \cdot 10^{-3}$; das heißt bei Kaltbearbeitung findet nur eine verhältnismäßig geringe Deformation der äußeren Elektronen statt. Daß ein Atom mit Zusatzenergie imstande sein wird schon platzwechselfähig zu sein bei etwas kleinerer Amplitude als der des undeformierten Atoms, hängt wahrscheinlich mit einer Ausdehnung der Wirkungssphäre zusammen.

Es folgt weiter nach (VII):

$$D_{\text{def}} = D_u e^{\frac{+600\beta}{T}}.$$

Die Diffusionsgeschwindigkeit eines deformierten Metalls in einem undeformierten ist also größer als die des undeformierten Metalls.

Die Diffusionsgeschwindigkeit eines undeformierten Metalls in einem deformierten Metall wird aber ebensoviel größer sein als in einem undeformierten Metall, denn die durch die Deformation verursachte Ausdehnung der Wirkungssphäre der Atome des deformierten Metalls wird bewirken, daß bei einer Amplitude, die etwas kleiner ist als r_0 , bei einer um ΔE kleineren Energie schon Platzwechsel stattfindet (Fig. 6). ΔE und auch β beziehen sich dann natürlich auf das Metall, worin die Diffusion stattfindet.¹⁾

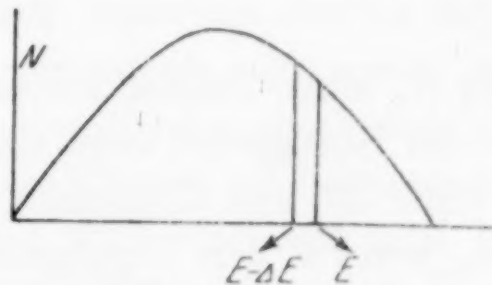


Fig. 6. Energieverteilung der Atome im undeformierten Metall

C. Polykristallines Material

Schon mehrfach wurde gefunden, daß die Diffusionskonstante für das polykristalline Material bei derselben Temperatur größer ist als

¹⁾ Z. B. G. TAMMANN u. O. DAHL, Z. anorg. u. allg. Chem. **144** (1925), 6.

für das unikristalline.¹⁾ Die Ursache wird den Korngrenzen zugeschrieben, welche als eine Art amorphe Phase ein leichtes Durchdringen des diffundierenden Stoffes ermöglichen.

Außerdem ist die Beweglichkeit der Atome an der Oberfläche im Sinne von VOLMER und ESTERMAN größer. Man kann die Korngrenzen auch als deformierte Stellen betrachten. Die Diffusionskonstante ist hier also offenbar eine scheinbare, gemischte Diffusionskonstante.

Es fragt sich nun, ob es auch möglich ist, eine Formel für die scheinbare Diffusionskonstante für das polykristalline Material abzuleiten. Dies kann wie folgt geschehen. Nachdem die Diffusion einige Zeit fortgeschritten ist, werden wegen der endlichen Größe des Materials alle Korngrenzen mit diffundierendem Stoff aufgefüllt sein, während die Diffusion in einem einzigen Korn noch sehr oberflächlich ist. Die durch Diffusion aufgenommene Substanz stellt sich also zusammen aus derjenigen, welche die auswendige Berührungsfläche der zwei Metalle aufgenommen hat, als wäre das Material unikristallin, vermehrt um denjenigen Anteil, der von den Korngrenzen aus in die Kristalliten durchdringt.

Der erste Anteil beträgt pro auswendige Flächeneinheit nach (V)

$$\frac{2C_0}{\sqrt{\pi}} \sqrt{D_u t},$$

der zweite Anteil:

$$\frac{2C_0}{\sqrt{\pi}} \sqrt{D_u t} \cdot \frac{1}{K_1} \cdot \frac{K_2}{d}$$

wo K_1 einen Faktor bedeutet, welcher zum Ausdruck bringt, daß C in der Korngrenze nicht einfach gleich C_0 gesetzt werden kann, jedoch kleiner ist, und K_2/d gleich der gesamten Oberfläche der Korngrenzen ist, wenn d den Durchmesser der Körner bedeutet.

$$\frac{2C_0}{\sqrt{\pi}} \sqrt{D_u t} \left(1 + \frac{K_2}{K_1 d}\right) = \frac{2C_0}{\sqrt{\pi}} \sqrt{D_p t},$$

wobei D_p die scheinbare Diffusionskonstante für das polykristalline Material darstellt.

$$D_p = D_u \left(1 + \frac{c}{d}\right)^2$$

$$D_p = D_u e^{2 \ln \left(\frac{c}{d} + 1\right)}.$$

¹⁾ Eine zusammenfassende Übersicht findet man bei J. A. M. v. LIEMPT, Metallwirtschaft 7 (1928), Heft 19; weiter J. A. M. v. LIEMPT, Unveröffentlichte Messungen der Diffusion von Mo in W.

Für kleines d gilt $D_p = D_u e^{2 \ln \frac{c}{d}}$.¹⁾

Für das deformierte Material fanden wir

$$D_{\text{def}} = D_u e^{\frac{600\beta}{T}}.$$

Da das deformierte Material aufzufassen ist als polykristallines Material, wobei die Korngröße bestimmt wird durch die Ausdehnung der nicht oder sehr wenig deformierten Stellen zwischen Plätzen in erhöhtem Energiezustand (Gleitflächenknüllungen), so müssen beide Formeln in- einander übergehen.

Da nun die Zahl der Rekristallisationskeime $= N$ pro Längeneinheit in umgekehrtem Verhältnis steht zu dieser derartig definierten Korngröße, so finden wir:

$$\ln N = K \frac{\beta}{T},$$

eine Formel, welche abgesehen von der Bedeutung von β identisch ist mit der von ALTERTHUM, und die er schon im großen Ganzen an einigen Rekristallisationsdiagrammen bestätigt fand.²⁾

Eine nähere Prüfung gemäß der neuen Definition von β steht aber noch aus. Wir werden jedoch später sehen, daß die Formel nur gelten kann bei gleichmäßiger und weitgehender Kaltbearbeitung, denn nur falls jede erhöhte Energiestelle keimfähig ist, ist $n \sim 1/d$.

Die beschränkte Bedeutung der Rekristallisationsdiagramme ist auch schon von SAUERWALD hervorgehoben worden.³⁾ Die Erniedrigung der Keimzahl bei höherer Temperatur hängt, abgesehen von der Möglichkeit einer Oberflächenrekristallisation, vermutlich auch zusammen mit der Tatsache, daß der Unterschied in der Platzwechselgeschwindigkeit bei höherer Temperatur zwischen zwei Plätzen mit bestimmtem Deformationsunterschied prozentual kleiner wird, daß also sich bei niedrigerer Temperatur individuell ausbildende Keime zu einem Keim werden.

Bezüglich der Diffusion möge hier noch eine Bemerkung ausgesprochen werden.

Es ist das Verdienst von E. COHEN und seiner Schule, immer wieder hinzuweisen auf die Bedingung, daß bei Messung von physikalischen Konstanten die beteiligten Stoffe nicht nur chemisch rein, sondern auch „physikalisch rein“ sein sollen.

¹⁾ Die Formel wurde bei unseren Messungen der Diffusion von Mo in W bestätigt gefunden (unveröffentlicht).

²⁾ H. ALTERTHUM, l. c.

³⁾ MÜLLER-POUILLET, l. c.

Wir haben hierfür ein schlagendes Beispiel in der Diffusionskonstante. Hier können die Werte, je nachdem der Deformationsgrad und die Korngröße wechseln, sich ändern bis zum Zehnfachen und höher.

Eine konsequente Durchführung der COHEN'schen Gedanken führt aber zu dem Resultat (das vielleicht päpstlicher ist wie der Papst), daß im festen Zustand nur das unikristalline Material physikalisch rein ist. Je nach der Art der zu messenden Konstante wird aber der Einfluß der physikalischen Unreinheit größer oder kleiner sein. So fällt z. B. der Einfluß der Kaltbearbeitung auf die spezifische Wärme bei Zimmertemperatur innerhalb der Versuchsfehler.¹⁾ Weiter hat man für bestimmte physikalische Konstanten beim unikristallinen Material dem Einfluß der kristallographischen Richtung Rechnung zu tragen.

Verschiedene von COHEN beobachtete Schwankungen der physikalischen Konstanten (z. B. Lösungswärme, Majoranaphänomen usw.) werden aber ebensogut durch Deformation als durch Allotropien erklärt.

II. Die Rekristallisationstemperatur

In den vorhergehenden Betrachtungen sollte β als mittlerer Deformationsgrad aufgefaßt werden. Das kaltbearbeitete Metall ist aber ein Konglomerat von Atomkomplexen mit verschiedenem Deformationsgrad. Wäre dies nicht der Fall und wäre das mittlere β sehr gleichmäßig verteilt, so brauchte keine Rekristallisation einzutreten.

Wäre z. B. die Energie aller Atome im kaltbearbeiteten Metall um denselben Betrag höher als im übereinstimmenden undeformierten Metall, so würde bei Rekristallisation einige Energie als Wärme (Strahlung) frei werden, der Zustand des Metalls aber unverändert bleiben. Es ist eben die räumliche Ungleichmäßigkeit in dem Energiezustand, welche die Rekristallisation verursacht.

Sobald diese Ungleichmäßigkeit genügend groß geworden ist, ist die „Rekristallisationsschwelle“ erreicht. Die Rekristallisationstemperatur wird eben bestimmt durch die Stellen, wo β maximal ist. Wir können also setzen $\beta_m = n \beta$.

Der Wert von n ist vorläufig unbekannt. Vermutlich wird β_m einen bestimmten Wert nicht überschreiten können, der bestimmt wird durch den extrapolierten Wert des flüssigen Metalls bei 0° C.

$$(\beta_m)_{\max} = \left(\frac{R_{fl} - R_u}{R_u} \right)_0.$$

¹⁾ W. GEISS u. J. A. M. v. LIEMPT, Z. anorg. u. allg. Chem. **171** (1928), 317.

Da nun die Widerstandsstörung beim Schmelzpunkt für reguläre Metalle $\frac{R_{\text{flüssig}}}{R_{\text{fest}}}$ in Übereinstimmung mit dem erwähnten Energieprinzip rund 1,7 beträgt, finden wir also (Fig. 7), da auch der Temperaturkoeffizient des EW. vom flüssigen Metall annähernd 0,005 ist¹⁾

$$(\beta_m)_{\text{max}} = \frac{0,7 (R_u)_{T_s}}{R_u} = 0,7 \{1 + \alpha (T_s - 273)\}.$$

Für einige Metalle, wo die maximal wahrgenommenen Widerstandsänderungen bei Kaltbearbeitung und das zugehörige α bekannt sind²⁾, kann man mittels dieser Beziehung n berechnen.

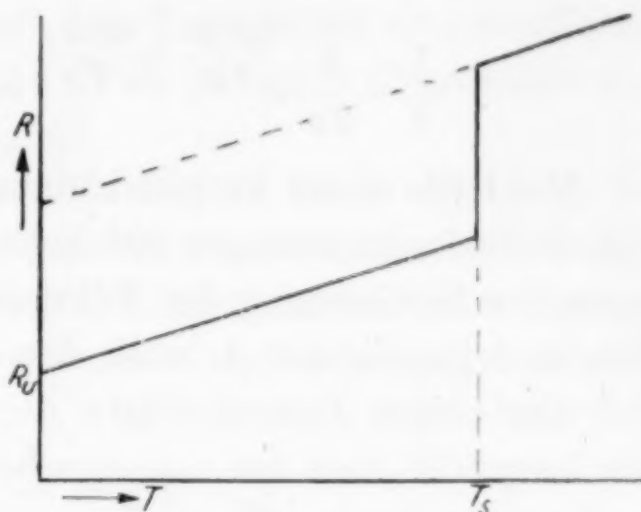


Fig. 7. Verlauf des elektrischen Widerstandes von regulären Metallen beim Schmelzpunkt

Metall	α	$T_s - 273$	$(\beta_m)_{\text{max}} \text{ ber.}$	$\beta \text{ exp.}$	n
W	0,00482	3325	16,7	0,50	33,4
Mo	0,00440	2525	11,8	0,18	65,5
Ni	0,00568	1450	8,9	0,08	110
Pt	0,00386	1755	7,5	0,07	107

Hieraus ergibt sich wenigstens für die Größenordnung des Höchstwertes von $n = 100$, da die berechneten $(\beta_m)_{\text{max}}$ -Werte für W und Mo sicher zu niedrig sind, weil der Widerstand mit der Temperatur schneller ansteigt als die einfach lineare Formel angibt.³⁾

Wir definieren nun die Rekristallisationstemperatur als die Temperatur, wobei für mehrere Stellen im deformierten Metall mit erhöhtem Energiezustand die Zeit des Platzwechsels in allen Richtungen pro minimalen Atomabstand einen bestimmten Wert hat, welcher gleich der Erhitzungszeit ist (die man rein formal z. B. auf 1000 Sekunden ansetzen könnte).⁴⁾

¹⁾ GUERTLER-SCHULZE, Metallographie 2, 2. Teil, 2. Heft 6, S. 140.

²⁾ W. GEISS u. J. A. M. v. LIEMPT, Z. Physik 41 (1927), 867.

³⁾ Die Berechnung von ΔE aus der Schmelzwärme (klassisch $= \frac{3}{2} RT$) führt zu wesentlich derselben Formel als früher angegeben. Vgl. auch die Volumenausdehnung beim Schmelzpunkt mit der Ausdehnung der Wirkungssphäre bei Kaltbearbeitung.

⁴⁾ Die technische Rekristallisationstemperatur, d. h. die Temperatur, wobei die mikroskopisch sichtbare Neubildung des Korngefüges auftritt, wird nur wenig höher liegen.

Die Rekristallisationstemperatur ist also abhängig von der Zeit, wie es ja auch mit der Erfahrung übereinstimmt.

Wir finden also für diese bestimmten Stellen im deformierten Metall:

$$\frac{1}{6} \cdot \frac{3}{2\nu} e^{\frac{3b^2 T_s}{T_R} - \frac{600n\beta}{T_R}} = \text{Konstant} (= 1000).$$

Mit Hilfe dieser Formel könnte man für ein Metall, wo auf Grund von Diffusionsmessungen $3b^2$ bekannt ist, nach sehr genauer experimenteller Bestimmung der Rekristallisationstemperatur bei gegebener Zeit und gegebenem β , auch den Wert von n bestimmen.

Aus obiger Formel folgt:

$$T_R = \frac{\text{Konstante}}{\ln t - \ln \frac{1}{4\nu}},$$

welche Formel also bei bestimmter Deformation bei einem einzigen Metall die Abhängigkeit der Rekristallisationstemperatur von der Zeit angibt.¹⁾

Diese Formel läßt sich einigermaßen prüfen an Aluminiummetall, da von CARPENTER und SMITH²⁾ die Zeit bestimmt worden ist, die nötig ist, um kaltbearbeitetes Aluminiumblech bei verschiedenen Temperaturen wieder weich zu machen.

Für Aluminium ist $\nu = 8 \cdot 10^{12}$, so daß die Formel lautet

$$T_R = \frac{\text{Konstante}}{\log t + 13,50}.$$

CARPENTER fand:

T_R	t (sec.)	Bemerkung	$T_R (\log t + 13,50)$
573	$3,5 \cdot 10^5$	exp. bestimmt	10900
523	$3,0 \cdot 10^6$	"	10450
473	$1,5 \cdot 10^8$	extrapoliert	10500
448	$2,1 \cdot 10^8$	"	9800
423	$3,0 \cdot 10^8$	"	9550
398	$3,3 \cdot 10^8$	"	8750
373	$4,5 \cdot 10^8$	"	8250

Hierbei ist zu bemerken, daß die extrapolierten Werte sicher zu niedrig sind, da, wie aus seinen eigenen Daten hervorgeht, die Ge-

¹⁾ Wir sind also nicht mit DEHLINGER einverstanden, der annimmt, daß die Rekristallisation sprungweise verläuft. Daß dies scheinbar stattfindet, findet seine Erklärung in Fig. 5, wobei noch hinzukommt, daß auch die Keimwachsgeschwindigkeit vermutlich nach einem ähnlichen Exponentialgesetz verläuft. Dabei kommt noch drittens der Einfluß der Zwischensubstanz [DEHLINGER, Ann. d. Phys. 2 (1929), 760].

²⁾ H. CARPENTER u. C. SMITH, Journ. Inst. Met. 29 (1923), 59.

schwindigkeit des Weichwerdens mit zunehmender Zeit immer abnimmt; der Fehler wird größer werden, je nachdem die Temperatur niedriger ist und man auch weiter zu extrapolieren hat. Trotzdem ist die Übereinstimmung der Theorie mit dem Experiment eine recht gute.

Es folgt weiter: $T_R = A - B n \beta$, wo A und B Konstanten sind und T_R für eine bestimmte Zeit gilt.

Die Rekristallisationstemperatur wird also linear mit dem Deformationsgrad $n \beta$ erniedrigt. Da gemäß unserer Definition β nicht proportional zu sein braucht mit dem Walzgrad, und auch n während zunehmender Deformation sich dem Maximalwert nähert, braucht T_R als Funktion vom Walzgrad natürlich nicht linear zu sein. Jedenfalls ist der Verlauf des elektrischen Widerstandes mit dem Walzgrad und mit dem der Rekristallisationstemperatur in Übereinstimmung.¹⁾

Schließlich finden wir für zwei Metalle, da ν annähernd konstant ($\pm 5 \cdot 10^{12}$) mit $t = 1000$ sec mit dem Faktor $3b^2 T_s$ bzw. $4b^2 T_s$

$$\frac{T_R}{T_s - 50 n \beta} = 0,32 \text{ bis } 0,43.$$

Oder annähernd $\frac{T_R}{T_s} = 0,32 - 0,43$ (da $50 n \beta$ meistens zu vernachlässigen ist), d. h. die Rekristallisationstemperaturen sind übereinstimmende Temperaturen, bezogen auf den Schmelzpunkt, eine Erfahrungsregel, die schon manchmal benutzt worden ist.²⁾

In der folgenden Tabelle findet man die Schmelzpunkt- und Rekristallisationstemperaturen von einigen regulären Metallen nach JEFFRIES und ARCHER.³⁾

Metall	T_R (abs.)	T_s (abs.)	$\frac{T_R}{T_s}$
Fe	723	1800	0,40
Ni	873	1724	0,51
Au	473	1336	0,36
Ag	473	1233	0,38
Cu	473	1353	0,35
Al	423	922	0,46
Pt	723	2027	0,36
Ta	1273	3173	0,40
W	1473	3660	0,40
Mo	1173	2800	0,42
Zn	293	692	0,42
Pb	< 293	600	< 0,49

¹⁾ Z. B. T. MATSUDA, Sc. Rep. Tōh. Univ. 14 (1925), 343.

²⁾ G. TAMMANN, Z. anorg. u. allg. Chem. 157 (1926), 325.

³⁾ JEFFRIES u. ARCHER, The Science of Metals 1924, S. 86. Der Deformationsgrad und die Erhitzungszeit sind nicht angegeben.

III. Die Rekristallisation von Mischkristallen

Über den Einfluß der Mischkristallbildung auf die Rekristallisation läßt sich folgendes sagen:

Bei Mischkristallbildung ist die Verteilung des Zusatzmetalls nicht homogen und nach dem Prinzip von GIBBS wird, falls die zugefügte Komponente eine niedrigere Oberflächenspannung hat, dieses sich hauptsächlich in den Korngrenzen sammeln¹⁾ und da die Oberflächenspannung erniedrigen. Leider ist von der Oberflächenspannung des Metalls in festem Zustand sehr wenig bekannt.

Um aber einigermaßen einen Anhaltspunkt zu haben, werden wir annehmen, daß das Gesetz von EÖTVÖS auch für den festen Zustand gilt, so daß

$$\sigma = K_1 \frac{T_{Kr} - T}{\left(\frac{M}{D}\right)^{2/3}}.$$

T_{Kr} ist von fast keinem Metall bekannt, wir müssen wieder die für Metalle nur grobe Annäherung einführen:

$$\frac{T_K}{T_{Kr}} = \text{Konstant} (\pm 0,3),$$

so daß bei nicht allzu hoher Temperatur die Formel übergeht in

$$\sigma = K_2 \frac{T_K}{\left(\frac{M}{D}\right)^{2/3}}.$$

Für einige Metalle ist unten $\frac{T_K}{\left(\frac{M}{D}\right)^{2/3}}$ ausgerechnet.²⁾

Metall	T_{Kr}	T_K	M	D	$\left(\frac{M}{D}\right)$	$\left(\frac{M}{D}\right)^{2/3}$	$\frac{T_K}{\left(\frac{M}{D}\right)^{2/3}}$
Cs	2620	943	133	1,85	72,0	17,3	55
Na	3700	1013	23	0,97	23,8	8,3	123
As	—	889	75	5,70	13,2	5,6	158
Cd	>2250	1058	112	8,6	13,0	5,5	193
Bi	>4030	1763	209	9,8	21,4	7,7	230
Sb	>2970	1603	122	6,7	18,2	6,9	233
Pb	6300	1828	207	11,3	18,3	6,9	266
Zn	>2845	1203	65	7,1	9,2	4,4	274
Li	—	>1673	7	0,59	12,9	5,5	>300

¹⁾ Eine Prüfung der TAMMANNschen Theorie über die Verteilung der Atome im Mischkristall mit Röntgenstrahlen soll man also am liebsten an grobkristallinischem oder unikristallinischem Material vornehmen.

²⁾ Bei genauerer Kenntnis der Oberflächenspannungen kann sich natürlich herausstellen, daß die Reihenfolge einige Veränderungen zu erfahren hat.

Metall	T_{Kr}	T_K	M	D	$\left(\frac{M}{D}\right)$	$\left(\frac{M}{D}\right)^{2/3}$	$\frac{T_K}{\left(\frac{M}{D}\right)^{2/3}}$
Si	—	± 1800	28	2,5	11,2	5,0	360
Sn	> 4075	2543	119	7,3	16,3	6,4	398
Al	—	2100	27	2,6	10,4	4,8	440
Ag	> 5470	2223	108	10,5	10,3	4,7	470
Au	> 5330	2883	197	19,3	10,2	4,7	615
Fe	—	2730	56	7,7	7,3	3,8	645
Cu	> 3894	2578	64	8,9	7,2	3,7	700
Mo	—	3833	96	10,2	9,4	4,5	850
Ti	—	± 4000	48	5,0	9,6	4,5	890
Pt	—	4077	195	21,5	9,1	4,4	930
Ni	—	3350	59	9,0	6,6	3,5	960
W	—	5100	184	19,35	9,5	4,5	1160

Fügt man also einem Metall in kleiner Quantität ein zweites mit höherem $\frac{T_K}{\left(\frac{M}{D}\right)^{2/3}}$ -Wert zu, so wird im allgemeinen die Oberflächenenergie, das heißt auch β , erhöht und die Rekristallisationstemperatur erniedrigt werden (z. B. Eisen im Silber).

Zusätze von Metallen mit niedrigem $\frac{T_K}{\left(\frac{M}{D}\right)^{2/3}}$ -Wert werden sich in der Korngrenze und bei weitgehender Kaltbearbeitung auch in die neu-gebildeten Korngrenzen, d. h. die Gleitflächenknüllungen konzentrieren, an diesen Stellen also eine Erniedrigung der Oberflächenenergie verursachen und die Rekristallisationstemperatur erhöhen. So werden Si, Cd, Zn und Sn die Rekristallisationstemperatur von Kupfer erhöhen.¹⁾

Auch der große Einfluß, den die kleinen Verunreinigungen auf die Bearbeitbarkeit von reinen Metallen spielen, z. B. Bi und Sn, in Gold²⁾ ist von diesem Gesichtspunkte aus leicht zu verstehen. Eine Ausnahme bildet der Fall, daß Silber sowohl die Rekristallisationstemperatur von Kupfer erhöht (normal) als auch Kupfer die Rekristallisationstemperatur von Silber erhöht. Es ist aber möglich, daß die Oberflächenspannung das Silber trotz des höheren σ -Wertes für Kupfer doch erniedrigt wird.³⁾

IV. Die Rekristallisation im allgemeinen

Wir können jetzt auf Grund der vorherigen Beziehungen das allgemeine Bild der Rekristallisation entwerfen.

¹⁾ SMITHELLS, Impurities in Metals, 1930, S. 56ff.

²⁾ NOWACK, Z. Metallk. 19 (1927), 238.

³⁾ Für die Anomalien in der Oberflächenspannung bei Mischungen vgl. SMILES-HERZOG, Chemische Konstitution u. physikalische Eigenschaften 1914, S. 69.

Fig. 8 stellt den Deformationsgrad vor beim Durchlaufen eines schwach deformierten Einkristalls. β ist überall klein und ziemlich



Fig. 8. Deformationszustand bei einem schwach deformierten Einkristall

gleichmäßig verteilt. Beim Erhitzen auf bestimmte Temperatur wird das deformierte Gitter allmählich in ein gesundes Gitter übergehen, ohne weitere Änderungen; die Rekristallisationsschwelle ist noch nicht erreicht. Wohl findet aber eine Erholung des Gitters statt.

Fig. 9 gibt β beim Durchgang von einem stärker deformierten Ein-

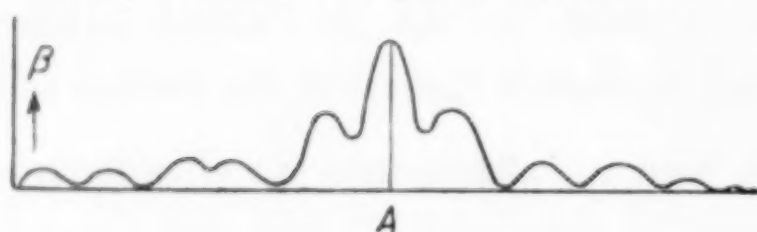


Fig. 9. Deformationszustand bei einem stark deformierten Einkristall oder schwach deformierten Polykristall

kristall oder einem schwach deformierten Polykristall. Im ersten Falle ist A eine Stelle erhöhter Energie, verursacht durch Gleitflächenknüpfung. Im zweiten Falle ist A eine Korngrenze.

Fig. 10 gibt β beim Durchlauf von stark deformiertem polykristallinischem Material. Hier ist B eine Gleitflächenknüpfung in

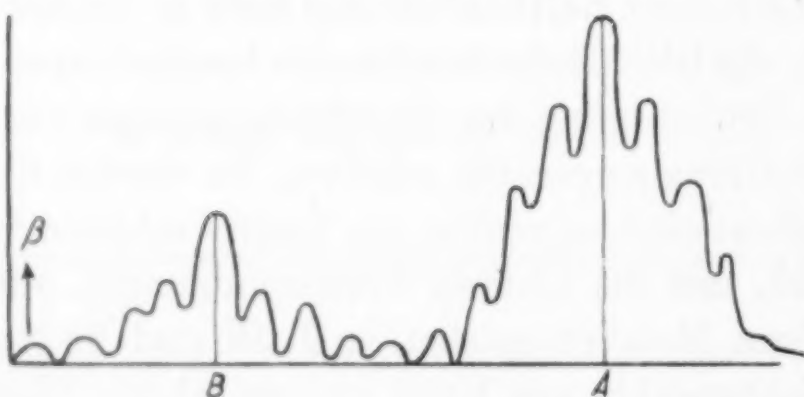


Fig. 10. Deformationszustand bei einem stark deformierten Polykristall

einem einzelnen Kristall, während A die Deformation an einer Korngrenze vorstellt. Bei noch weiter fortgeschrittener Kaltbearbeitung werden die Spitzen bei B ebenso hoch kommen wie die bei A .

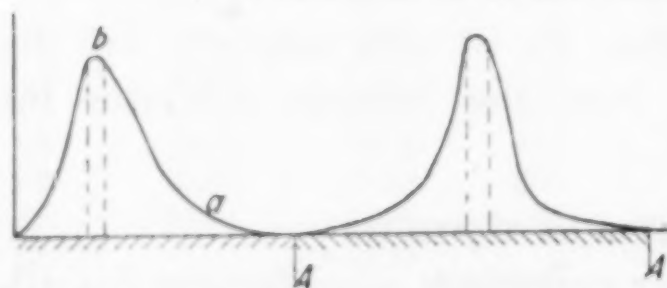


Fig. 11. Deformationszustand in einem stark deformierten Polykristall

für gegenseitigen Platzwechsel der Atome nach Fig. 5 für die Spitzen b viel kleiner sein als für die Täler a . Die Stellen b

Fig. 11 gibt eine mehr schematische Darstellung vom letzten Zustand. Stellen wir uns vor, daß ein derartig deformiertes Metall während bestimmter Zeit auf die Rekristallisationstemperatur erhitzt wird, so wird die Zeit

sind auf ihrer Rekristallisationstemperatur, die Stellen *a* aber nicht.

Die Spitzen *b* werden rekristallisieren, d. h. in ein stabiles Gitter übergehen und so die Rekristallisationskeime bilden.¹⁾ Das erste Stadium der Rekristallisation besteht also in der Bildung von undeformierten Kristallkeimen an den meist deformierten Stellen, das heißt auf allen Stellen, welche einen derartigen Deformationsgrad haben, daß die Zeit für gegenseitigen Platzwechsel kleiner ist als die Erhitzungszeit. Verschiedene physikalische Eigenschaften u. a. Leitfähigkeit, Festigkeit der Metalle erfahren schon eine Änderung, ohne daß mikroskopisch etwas zu sehen ist. Bei weiterer Erhitzung werden sich mehrere Keime ausbilden und an jeder Stelle, wo sich ein solcher Keim gebildet hat, wird dieser wie ein Impfkristall in einer unterkühlten Flüssigkeit weiter wachsen auf Kosten seiner deformierten Umgebung²⁾, so daß schließlich sich gegenseitig berührende Kristalle entstehen, durch Korngrenzen *A* getrennt.

Die Keimwachsgeschwindigkeit wird bei derselben Temperatur größer sein als die der Platzwechselgeschwindigkeit, da ja für das Weiterwachsen kein gegenseitiger Platzwechsel nötig ist, nur eine Anpassung an das Raumgitter des Keimkristalls.

Eine Bestätigung dieser Auffassung findet man bei der Herstellung von Einkristalldrähten aus kaltgezogenem Material, nach einer Methode, analog der, welche beim Pintschverfahren angewandt wird.³⁾ Hier wächst ein Keim in der Mitte einer deformierten Umgebung unkristallin weiter, welche Umgebung, falls sie einzeln erhitzt wurde, selbst keimbildungsfähig sein würde.

Kommt aber eine sehr hohe Deformationsspitze in die Erhitzungsstrecke, so wird diese wohl zu Keimbildung kommen können und es werden zwei Keime nebeneinander entstehen; das Resultat ist, daß kein Einkristalldraht sondern ein Vielkristalldraht entsteht, der aus sehr großen, einander überlappenden Kristallen aufgebaut ist. In Fig. 12 stellt *AB* die Erhitzungsstrecke vor, *C* ist eine Stelle mit stark erhöhtem β .

Fig. 13 gibt den gebildeten Draht.

¹⁾ Diese Auffassung findet man schon bei J. A. M. v. LIEMPT, De Natuur (Holl. Zeitschr.) Sept. 1926, S. 274; weiter J. A. M. v. LIEMPT, Proc. Met. Div. Amer. Inst. Min. Met. Eng. 1928, S. 307. Die experimentelle Bestätigung zusammenfassend bei v. ARKEL, Z. Metallkunde 1930, H. 7.

²⁾ Vgl. z. B. F. KOREF, Z. Elektrochem. 17 (1925), 217, Abb. 9 u. 10.

³⁾ GOUCHER, Eng. Pat. 174714 (1920).

Dieser Unterschied in der Geschwindigkeit erklärt auch die Erscheinungen der sogenannten kritischen Deformation, der sekundären

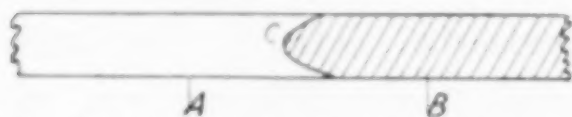


Fig. 12. Umsetzung von gezogenem Draht in Einkristalldraht nach dem Pintschverfahren



Fig. 13. Bildung von zwei einander überlappenden Kristallen beim Pintschverfahren

einem solchen Kristall wieder. Spitze nebst vielen kleineren.

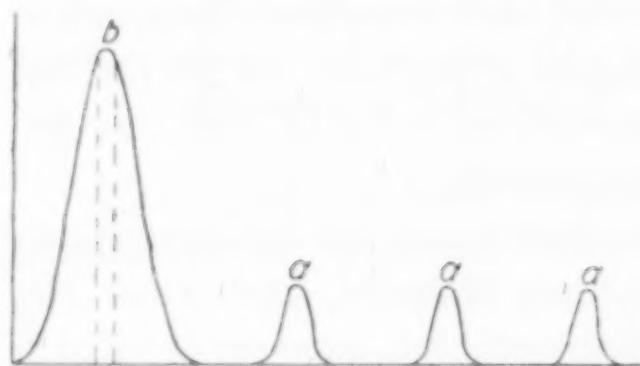


Fig. 14. Deformationszustand bei kritischer oder sekundärer Deformation

stallisation zu einem polykristallinen Gebilde führen, wie auch durch die Erfahrung bestätigt wird.

Bei sekundärer Deformation²⁾ kann man sich die ausgesprochenen Spitzen entstanden denken durch Interferenz von Deformationswellen von verschiedener Wellenlänge, wobei einige primäre Spitzen noch weiter erhöht werden.

¹⁾ CARPENTER u. ELAM, CZOCHRALSKI usw. Dasselbe gilt für stark deformierte Körper, wo man durch Ausglühen erst die erhöhten Energiestellen weggenommen hat und erst dann eine geringfügige Deformation hinzufügt.

²⁾ Wir verstehen unter sekundärer Deformation eine zweite andersartige Deformation, welche der ersten folgt, z. B. das Rundbiegen eines gerade gezogenen Drahtes rund um einen Kern (Smithells Tungsten 1926, S. 95).

Eindhoven (Holland), Physikalisch-chemisches Laboratorium der Philips Glühlampenfabriken A.-G. November 1930.

Bei der Redaktion eingegangen am 2. Dezember 1930.

Rekristallisation usw. Es ist z. B. bekannt, daß bei ziemlich kleiner Deformation abnorm große Kristalle entstehen können.¹⁾

Man muß nun einsehen, daß gerade bei diesen geringfügigen Deformationen einzelne Gitterbereiche weit über den Mittelwert hinaus deformiert werden können, durch zufällig ungünstige Lage dieser Stellen zur Gleitflächenbildung.

Fig. 14 gibt den Zustand in Hier ist also eine ausgesprochene Wir erhitzen nun allmählich auf höhere Temperatur und können so nur *b* zur Keimbildung bringen, welche die ganze Umgebung aufschluckt, so daß ein Einkristall entsteht.

Würden wir einen derartig deformierten Kristall plötzlich auf hohe Temperatur bringen, so könnten sowohl *b* wie *a* zur Keimbildung kommen und die Rekri-

Register für die Bände 193—195

(Bearbeitet von I. Koppel, Berlin)

Autorenregister

- Agejewa, W., 1930, 193, 237. Härte der Metallegierungen bei verschiedenen Temperaturen (m. W. Schischokin).
- Alexander, E., 1930, 194, 316. Häufigkeit der Elemente der Vanadiumgruppe in Eruptivgesteinen (m. G. v. Hevesy u. K. Würstlin).
- Andersson, Walter, 1930, 193, 29. Einwirkung von Zusätzen fremder Stoffe auf die Reaktionsfähigkeit des Hauptkristalls (m. J. A. Hedvall).
- Andô, Noboru, 1931, 195, 309. Katalyse der Reaktionen zwischen festen Stoffen. II. Reaktionsmechanismus der katalytischen Stannatbildung (mit S. Tamaru).
- Aschan, Ossian, 1930, 194, 139. Einwirkung von zweiwertigen Metallen auf die Persulfate der Alkaligruppe. Synthese der Doppelsalze des Typus $M_2'M''(SO_4)_2$ (m. G. Petrelius).
- Aulich, Margot, 1930, 194, 278. Zur Kenntnis der Vanadosalze (m. J. Meyer).
- Banerji, S. N., 1930, 194, 305. Hysteresis bei der Sol-Gel-Umwandlung (m. S. Ghosh).
- Benrath, A., 1930, 194, 351. Die Beständigkeit komplexer Kobalt- und Chromsalze als Bodenkörper. II. (m. H. Steinrath).
- 1930, 194, 358. Die Beständigkeit komplexer Kobalt- und Chromsalze als Bodenkörper. III. (m. H. Pitzler).
- 1931, 195, 247. Polythermen der ternären Systeme, die neben Wasser je ein Sulfat der Alkalien und der Vitriolbildner enthalten. III.
- Biltz, Wilhelm, 1930, 193, 321. Molekular- und Atomvolumina, 29. Drei Ordnungsprinzipien des Volumensatzes der festen Stoffe.
- 1930, 193, 351. Molekular- und Atomvolumina 30: Tieftemperaturvolumina der kristallisierten Stickstoffoxyde (m. W. Fischer u. E. Wünnenberg).
- Birstein, Gustav, 1931, 195, 173. Kinetik der heterogenen Formiatbildung (m. N. Lobanow).
- Bode, Hans, 1931, 195, 195. Salpetersäurereduktion durch Stickoxyd. I. Gleichgewicht.
- 1931, 195, 201. Salpetersäurereduktion durch Stickoxyd. II. Das elektrochemische Potential.
- Britzke, E. V., 1930, 194, 323. Affinität von Metallen zu Schwefel. I. Thermisches Gleichgewicht zwischen Wasserstoff und den Sulfiden von Eisen, Zinn, Cadmium, Wismut und Antimon (m. A. F. Kapustinsky).
- Burgers, W. G., 1930, 193, 144. Verhalten des Thoroxys in Wolframglühdrähten (m. J. A. M. v. Liempt).
- Busch, Franz, 1930, 194, 38. Gewinnung von Rubidium- und Cäsiumpräparaten aus dem Carnallit. III. (m. G. Jander).
- Clusius, K., 1930, 194, 47. Rubidium- und Cäsiumnitrid.
- Cremer, Erika, 1931, 195, 339. Sulfate des Zirkoniums und Hafniums (m. G. v. Hevesy).
- Dehlinger, U., 1930, 194, 223. Röntgenographische Untersuchungen am System Cd-Mg.
- Dittler, E., 1931, 195, 41. Neue Methode zur Bestimmung kleiner und kleinster Wasser- und Kohlensäuremengen in Silikaten (m. H. Hueber).
- Ditz, Hugo, 1930, 194, 147. Bestimmung von Jodiden bei Vorhandensein anderer Halogene.
- Elöd, J., 1931, 195, 269. Verhalten der Kieselsäuremodifikationen und -Varietäten im Chlorstrom bei Gegenwart von Kohle (m. E. Gruner).

- Elsner von Gronow, H., 1930, 194, 268. Struktur dünner Häutchen, die sich aus Lösungen von Stoffen bilden, die kristallisieren und die nicht kristallisieren (m. G. Tammann).
- Endrédy, A. von, 1930, 194, 239. Bestimmung der Phosphorsäure als 3-Ammoniumphosphor-12-molybdat, bzw. Phosphor-12-Molybdänsäureanhydrid.
- Faermann, G. P., 1930, 193, 193. Ammoniakate und Amide des vierwertigen Platins, als Säuren und Basen (m. A. A. Grünberg).
- Fischer, Werner, 1930, 193, 351. Molekular- und Atomvolumina 30. Tieftemperaturvolumina der kristallisierten Stickstoffoxyde (m. W. Biltz u. E. Wünnenberg).
- Franke, Walter, 1930, 193, 191. Darstellung von Tellursäure (m. J. Meyer).
- Geilmann, W., 1930, 193, 311. Rhenium I. Bestimmung löslicher Perrhenate mit Hilfe von Nitron (m. A. Voigt).
- 1931, 195, 289. Analytische Chemie des Rheniums. II. Bestimmung des Rheniums als Nitronperrhenat nach vorhergehender Fällung als Sulfid (m. F. Weibke).
- Gerlach, W., 1931, 195, 255. Spektralanalytische Untersuchungen zur chemischen Mikroanalyse. X. Die Verwendung von Hochfrequenz zur Funkenerzeugung. Quantitativer Nachweis kleinster Quecksilbermengen (m. E. Schweitzer).
- Ghosh, S., 1930, 194, 305. Hysteresis bei der Sol-Gel-Umwandlung (m. S. N. Banerji).
- Gleu, Karl, 1931, 195, 61. Neues Verfahren zur titrimetrischen Bestimmung Caro'scher Säure, Überschwefelsäure und Wasserstoffsuperoxyd neben einander.
- Grau, R., 1930, 193, 161. Thermochemie des Schwefels. III. (m. W. A. Roth u. A. Meichsner).
- Grube, G., 1930, 194, 179. Spitzen auf den Isothermen der elektrischen Leitfähigkeit metallischer Mischkristalle (m. J. Hille).
- 1930, 194, 190. Elektrische Leitfähigkeit und thermische Ausdehnung der Magnesium-Cadmiumlegierungen (m. E. Schiedt).
- Grünberg, A. A., 1930, 193, 193. Ammoniakate und Amide des vierwertigen Platins als Säuren und Basen (m. G. P. Faermann).
- Gruner, E., 1931, 195, 269. Verhalten der Kieselsäuremodifikationen und -varietäten im Chlorstrom bei Gegenwart von Kohle (m. J. Elöd).
- Guenther, A., 1930, 194, 162. Versuche, ein stabiles Isotop des Poloniums aufzufinden (m. G. v. Hevesy).
- Hahn, Friedrich L., 1930, 193, 316. Konstitution der Borate.
- 1931, 195, 75. Bestimmung von Jodid neben Bromid und Chlorid.
- Harteck, P., 1930, 194, 299. Versuch zur Trennung der Isotopen des Broms. Atomgewicht des Broms aus dem Verhältnis von Silber zu Bromsilber (m. H. Striebel).
- Havekoss, H., 1931, 195, 239. Bildungswärme von Kobalt-II-oxyd (m. W. A. Roth).
- Hedvall, J. Arvid, 1930, 193, 29. Einwirkung von Zusätzen fremder Stoffe auf die Reaktionsfähigkeit des Hauptkristalls (m. W. Andersson).
- Heukeshoven, Wilhelm, 1930, 194, 383. Amphotere Oxydhydrate. XI. Aufbau und Abbau hochmolekularer Molybdate, Polymolybdate und Polymolybdänsäuren (m. G. Jander u. K. F. Jahr).
- Hevesy, G. v., 1930, 194, 162. Versuche, ein stabiles Isotop des Poloniums aufzufinden (m. A. Guenther).
- 1930, 194, 316. Häufigkeit der Elemente der Vanadiumgruppe in Eruptivgesteinen (m. E. Alexander u. K. Würstlin).
- 1931, 195, 339. Sulfate des Zirkoniums und Hafniums (m. E. Cremer).
- Hille, J., 1930, 194, 179. Spitzen auf den Isothermen der elektrischen Leitfähigkeit metallischer Mischkristalle (m. G. Grube).
- Hönigsmid, O., 1930, 194, 293. Revision des Atomgewichtes von Thallium. Analyse des Thallobromids (m. H. Striebel).
- 1931, 195, 1. Revision des Atomgewichtes des Calciums. Atomgewicht des Calciums aus Sylvin (m. K. Kempter).
- 1931, 195, 207. Fundamentale Atomgewichte. IX. Atomgewicht des Schwefels. Synthese des Schwefelsilbers (m. R. Sachtleben).

- Hueber, H., 1931, 195, 41. Neue Methode zur Bestimmung kleiner und kleinster Wasser- und Kohlensäuremengen in Silikaten (m. E. Dittler).
- Hüttig, Gustav F., 1930, 193, 81. Oxydhydrate. XXXII. System: Vanadin-pentoxyd-Wasser (m. A. König).
- 1930, 193, 93. Oxydhydrate. XXXIII. System: Niobpentoxyd-Wasser (m. A. König).
- 1930, 193, 100. Oxydhydrate. XXXIV. System: Tantalpentoxyd-Wasser (m. A. König).
- Hummitzsch, W., 1930, 194, 113. Mehrstoffsysteme mit Eisen. III. System: Eisen-Phosphor-Silicium (m. F. Sauerwald).
- Huter, J., 1931, 195, 241. Umsetzung von Magnesiumsalzen mit Calciumcarbonat bei erhöhtem Dampfdruck (m. E. Sauer).
- Jahr, Karl Friedrich, 1930, 194, 383. Amphotere Oxydhydrate. XI. Aufbau und Abbau hochmolekularer Molybdate, Polymolybdate und Polymolybdänsäuren (m. G. Jander u. W. Heukeshoven).
- Jander, Gerhart, 1930, 193, 1. Amphotere Oxydhydrate. X. Hydrolysevorgänge und Aggregationsprodukte in wäßrigen Eisen-(3)-salzlösungen (m. A. Winkel).
- 1930, 194, 38. Gewinnung von Rubidium- und Cäsiumpräparaten aus dem Carnallit. III. (m. F. Busch).
- 1930, 194, 383. Amphotere Oxydhydrate. XI. Aufbau und Abbau hochmolekularer Molybdate, Polymolybdate und Polymolybdänsäuren (m. K. F. Jahr u. W. Heukeshoven).
- Jantsch, G., 1930, 193, 391. Halogenide der seltenen Erden. IV. Samarium(II)-jodid und thermischer Abbau des Samarium(III)-jodids (m. N. Skalla).
- Jenckel, E., 1930, 193, 76. Kristallisationsgeschwindigkeit und Kernzahl des Glyzerins in Abhängigkeit von der Temperatur (m. G. Tammann).
- Kapustinsky, A. F., 1930, 194, 323. Affinität von Metallen zu Schwefel. I. Thermisches Gleichgewicht zwischen Wasserstoff und den Sulfiden von Eisen, Zinn, Cadmium, Wismut und Antimon (m. E. V. Britzke).
- Karaoglanov, Z., 1930, 194, 151. Mechanismus von Fällungsvorgängen. I. Reaktion zwischen Bleichlorid und Ammoniumchromat (m. B. Sagortschev).
- 1931, 195, 105. Mechanismus von Fällungsvorgängen. II. Reaktion zwischen H_2SO_4 und $PbBr_2$ (m. B. Sagortschev).
- 1931, 195, 113. Mechanismus von Fällungsvorgängen. III. Weitere Untersuchung der Reaktion zwischen H_2SO_4 und $PbBr_2$ (m. B. Sagortschev).
- Keim, Rudolf, 1930, 193, 176. Jod-7-fluorid.
- Kempton, Käte, 1931, 195, 1. Revision des Atomgewichtes des Calciums. Atomgewicht des Calciums aus Sylvit (m. O. Hönigsmid).
- Kittelmann, Charlotte, 1931, 195, 121. Neodymselenate (m. J. Meyer).
- Kleeman, R. D., 1930, 193, 106. Bildungswärme und Elektroneneigenschaften des Atoms.
- 1931, 195, 164. Strahlung und Molekulareigenschaften.
- Klemenc, Alfons, 1930, 194, 51. Salpetersäure. VI. Totaldampfdrucke der Lösungen von Stickstoffdioxid in hochkonzentrierter bis absoluter Salpetersäure und die entsprechenden Dichten (m. J. Rupp).
- Klinkott, Gertrud, 1930, 193, 409. Bildungswärme von Fluoroxyd (m. H. v. Warthenberg).
- Knöfel, Julius, 1930, 194, 258. Einwirkung von Kohlensäure unter Druck auf Salze der Erdalkalimetalle. I. Einwirkung auf Calciumphosphate (m. E. Müller).
- Koch, Joachim E., 1930, 193, 47. Parawolframate (m. A. Rosenheim, A. Wolff u. N. Siao).
- König, Andreas, 1930, 193, 81. System: Vanadinpentoxyd-Wasser (m. G. F. Hüttig).
- 1930, 193, 93. Oxydhydrate. XXXIII. System: Niobpentoxyd-Wasser (m. G. F. Hüttig).
- 1930, 193, 100. Oxydhydrate. XXXIV. System: Tantalpentoxyd-Wasser (m. G. F. Hüttig).
- Koerner, O., 1931, 195, 83. Zinnsäureester und Zinnsäuren (m. P. A. Thiessen).

- Korobowa, L.**, 1930, 194, 369. Lyophile Kolloide. I. Hydratation lyophiler Kolloide (m. S. Liepatoff).
 — 1930, 194, 377. Lyophile Kolloide. II. Theorie der Makro- und Mikro-Synärese (m. S. Liepatoff).
- Krause, Alfons**, 1931, 195, 228. Ferroferrite. I. Ferroferrite aus Ortho- und Meta-Ferrihydroxyd (m. J. Tulecki).
- Krauß, F.**, 1930, 193, 385. Herstellung von reinen Rheniumverbindungen (m. H. Steinfeld).
- Kröger, C.**, 1930, 194, 73. Abhängigkeit der Knallgaskatalyse von der Katalysatormenge.
- Kurtenacker, A.**, 1930, 193, 367. Darstellung von Tetra- und Trithionat aus Thiosulfat und schwefliger Säure (m. K. Matejka).
- Landesen, Georg**, 1930, 193, 277. Einfluß von NH_4SH , NH_4OH und $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ auf den Grünübergang des rosa Mangansulfides (m. M. Reistal).
- Laschkarew, W. E.**, 1930, 193, 270. Struktur von AlCl_3 .
- Liempt, J. A. M. van**, 1930, 193, 144. Verhalten des Thoroxyds in Wolframglühdrähten (m. W. G. Burgers).
 — 1931, 195, 366. Theorie der Rekristallisation.
- Liepatoff, S.**, 1930, 194, 369. Lyophile Kolloide. I. Hydratation lyophiler Kolloide (m. L. Korobowa).
 — 1930, 194, 377. Lyophile Kolloide. II. Theorie der Makro- und Mikro-Synärese (m. L. Korobowa).
- Lobanow, Nikolaus**, 1931, 195, 173. Kinetik der heterogenen Formiatbildung (m. G. Birstein).
- Lubberger, Walter**, 1930, 194, 261. Einwirkung von Kohlensäure unter Druck auf Salze der Erdalkalimetalle. II. Einwirkung auf Erdalkalisilikate (m. E. Müller).
- Lucas, Horst**, 1931, 195, 321. Intensitätsverhältnisse in den Spektren von Alkaligemischen und die Möglichkeit einer quantitativen Spektralanalyse dieser Elemente.
- Lux, Hermann**, 1931, 195, 129. Analyse der Zersetzungsprodukte des Kohlenoxychlorides (m. A. Stock, W. Wustrow, H. Ramser, A. Scheider).
 — 1931, 195, 140. Zersetzung des Kohlenoxychlorides in der Wärme. II. (m. A. Stock, W. Wustrow, H. Ramser).
 — 1931, 195, 149. Die Bildung von CCl_4 aus den Elementen (m. A. Stock u. W. Wustrow).
 — 1931, 195, 158. Bestimmung kleiner Mengen H und O in aktiver Kohle (m. A. Stock u. J. W. R. Rayner).
- Madge, E. W.**, 1931, 195, 338. Bemerkung zur Arbeit von W. Herz über Siedepunkte und Dampfdruckformeln organischer Flüssigkeiten.
- Matejka, K.**, 1930, 193, 367. Darstellung von Tetra- und Trithionat aus Thiosulfat und schwefliger Säure (m. A. Kurtenacker).
- Meichsner, A.**, 1930, 193, 161. Thermochemie des Schwefels. III. (m. W. A. Roth u. R. Grau).
- Meyer, Julius**, 1930, 193, 191. Darstellung von Tellursäure (m. W. Franke).
 — 1930, 194, 278. Zur Kenntnis der Vanadosalze (m. M. Aulich).
 — 1931, 195, 121. Neodymselenate (m. Ch. Kittelmann).
 — 1931, 195, 127. Ceriselenate (m. F. Schulz).
- Müller, Ernst**, 1930, 194, 258. Einwirkung von Kohlensäure unter Druck auf Salze der Erdalkalimetalle. I. Einwirkung auf Calciumphosphate (m. J. Knöfel).
 — 1930, 194, 261. Einwirkung von Kohlensäure unter Druck auf Salze der Erdalkalimetalle. II. Einwirkung auf Erdalkalisilikate (m. W. Lubberger).
- Nishida, Morio**, 1930, 193, 119. Schrumpfung der Blattmetalle beim Erhitzen (m. I. Sawai u. Y. Ueda).
 — 1930, 193, 133. Längenänderung von Glasfäden bei hoher Temperatur (m. I. Sawai).
- Oelsen, W.**, 1930, 193, 245. Reaktionen beim Zusammenschmelzen von Glassätzen (m. G. Tammann).

- Petrelus, Gunnar, 1930, 194, 139. Einwirkung von zweiwertigen Metallen auf die Persulfate der Alkaligruppe. Synthese der Doppelsalze des Typus $M_2M''(SO_4)_2$ (m. O. Aschan).
- Pitzler, H., 1930, 194, 358. Die Beständigkeit komplexer Kobalt- und Chromsalze als Bodenkörper. III. (m. A. Benrath).
- Prytz, Milda, 1930, 193, 113. Normalpotential von Beryllium.
- Pusehin, N. A., 1930, 193, 420. Elektrische Leitfähigkeit der Lösungen von Kaliumpererrhenat (m. P. S. Tutundzić).
- Ramser, Hans, 1931, 195, 129. Analyse der Zersetzungsprodukte des Kohlenoxychlorides (m. A. Stock, W. Wustrow, H. Lux, A. Scheider).
- 1931, 195, 140. Zersetzung des Kohlenoxychlorides in der Wärme. II. (m. A. Stock, W. Wustrow, H. Lux).
- Rayner, John W. R., 1931, 195, 158. Bestimmung kleiner Mengen H und O in aktiver Kohle (m. A. Stock, u. H. Lux).
- Reetz, Th., 1930, 194, 89. Eisenaktivität. V. Benzidinreaktion (m. A. Simon).
- Reistal, Maria, 1930, 193, 277. Einfluß von NH_4SH , NH_4OH und $(NH_4)_2S$ auf den Grünübergang des rosa Mangansulfides (m. G. Landesén).
- Rohmann, A., 1930, 194, 273. Änderungen der Temperatur des Dichtemaximums wäßriger Lösungen und ihre Oberflächenspannungen in Abhängigkeit von der Konzentration (m. G. Tammann).
- Rosenheim, Arthur, 1930, 193, 47. Iso- und Heteropolysäuren. XX. Parawolframate (m. A. Wolff, J. E. Koch u. N. Siao).
- 1930, 193, 64. Iso- und Heteropolysäuren. XXI. Heteropolywolframate (m. A. Wolff).
- 1930, 193, 73. Bildung der Pyroarsenate.
- Roth, W. A., 1930, 193, 161. Thermochemie des Schwefels. III. (m. R. Grau u. A. Meichsner).
- 1931, 195, 239. Bildungswärme von Kobalt-II-oxyd (m. H. Havekoss).
- Ruff, Otto, 1930, 193, 176. Jod-7-fluorid (m. R. Keim).
- 1931, 195, 60. Zu der Arbeit „Fraktionierte Fällung. V. Einschluß von Fremdstoffen im Kristallgitter“.
- Rupp, Johann, 1930, 194, 51. Salpetersäure. VI. Totaldampfdrucke der Lösungen von Stickstoffdioxid in hochkonzentrierter bis absoluter Salpetersäure und die entsprechenden Dichten (m. A. Klemenc).
- Ruthardt, K., 1931, 195, 15. Spektralanalytische Untersuchungen. IX. Quantitativer, spektralanalytischer Nachweis von Strontium in Calcium.
- Sachtleben, R., 1931, 195, 207. Fundamentale Atomgewichte. IX. Atomgewicht des Schwefels. Synthese des Schwefelsilbers (m. O. Hönigschmid).
- Sagortschev, B., 1930, 194, 151. Mechanismus von Fällungsvorgängen. I. Reaktion zwischen Bleichlorid und Ammoniumchromat (m. Z. Karaoglanov).
- 1931, 195, 105. Mechanismus von Fällungsvorgängen. II. Reaktion zwischen H_2SO_4 und $PbBr_2$ (m. Z. Karaoglanov).
- 1931, 195, 113. Mechanismus von Fällungsvorgängen. III. Weitere Untersuchung der Reaktion zwischen H_2SO_4 und $PbBr_2$ (m. Z. Karaoglanov).
- Sakurai, Haruo, 1931, 195, 24. Stannite des Calciums, Strontiums und Bariums (m. S. Tamaru).
- Saldau, P., 1930, 194, 1. Spezielle Eigenschaften eutektischer und eutektoider Gemische in den binären Metallsystemen.
- Sauer, E., 1931, 195, 241. Umsetzung von Magnesiumsalzen mit Calciumcarbonat bei erhöhtem Dampfdruck (m. J. Huter).
- Sauerwald, F., 1930, 194, 113. Mehrstoffsysteme mit Eisen. III. System Eisen-Phosphor-Silicium (m. W. Hummitzsch).
- Sawai, Ikutaro, 1930, 193, 119. Schrumpfung der Blattmetalle beim Erhitzen (m. Y. Ueda u. M. Nishida).
- 1930, 193, 133. Längenänderung von Glasfäden bei hoher Temperatur (m. M. Nishida).
- Schattenstein, A. I., 1930, 193, 187. Neuer automatischer Kryostat.
- Scheider, Alexander, 1931, 195, 129. Analyse der Zersetzungsprodukte des Kohlenoxychlorides (m. A. Stock, W. Wustrow, H. Lux u. H. Ramser).

- Schiedt, E., 1930, 194, 190. Elektrische Leitfähigkeit und thermische Ausdehnung der Magnesium-Cadmiumlegierungen (m. G. Grube).
- Schischokin, W., 1930, 193, 237. Härte der Metallegierungen bei verschiedenen Temperaturen (m. W. Agejew).
- Schulz, Franziska, 1931, 195, 127. Ceriselenate (m. J. Meyer).
- Schweitzer, E., 1931, 195, 255. Spektralanalytische Untersuchungen zur chemischen Mikroanalyse. X. Die Verwendung von Hochfrequenz zur Funken-erzeugung. Quantitativer Nachweis kleinster Quecksilbermengen (m. W. Gerlach).
- Seekamp, Horst, 1931, 195, 345. Messung wahrer spezifischer Wärmen fester und flüssiger Metalle bei hohen Temperaturen.
- Siao, Nelson, 1930, 193, 47. Parawolframate (m. A. Rosenheim, A. Wolff u. J. E. Koch).
- Simon, A., 1930, 194, 89. Eisenaktivität. V. Benzidinreaktion (m. Th. Reetz).
- Skalla, N., 1930, 193, 391. Halogenide der seltenen Erden. IV. Samarium(II)-jodid und thermischer Abbau des Samarium(III)-jodids (m. G. Jantsch).
- Steinfeld, H., 1930, 193, 385. Herstellung von reinen Rheniumverbindungen (m. F. Krauss).
- Steinrath, H., 1930, 194, 351. Untersuchungen über die Beständigkeit komplexer Kobalt- und Chromsalze als Bodenkörper. II. (m. A. Benrath).
- Stock, Alfred, 1931, 195, 129. Analyse der Zersetzungsprodukte des Kohlenoxy-chlorides (m. W. Wustrow, H. Lux, H. Ramser u. A. Scheider).
- 1931, 195, 140. Zersetzung des Kohlenoxychlorides in der Wärme. II. (m. W. Wustrow, H. Lux u. H. Ramser).
- 1931, 195, 149. Bildung von CCl_4 aus den Elementen (m. H. Lux u. W. Wustrow).
- 1931, 195, 158. Bestimmung kleiner Mengen H und O in aktiver Kohle (m. H. Lux u. J. W. R. Rayner).
- Striebel, H., 1930, 194, 293. Revision des Atomgewichtes von Thallium. Analyse des Thallobromids (m. O. Hönigschmid).
- 1930, 194, 299. Versuch zur Trennung der Isotopen des Broms. Atomgewicht des Broms aus dem Verhältnis von Silber zu Bromsilber (m. P. Harteck).
- Tamaru, Setsuro, 1931, 195, 24. Stannite des Calciums, Strontiums und Bariums (m. H. Sakurai).
- 1931, 195, 35. Thioxystannite des Calciums, Bariums und Strontiums (m. Y. Tanaka).
- 1931, 195, 309. Katalyse der Reaktionen zwischen festen Stoffen. II. Reaktionsmechanismus der katalytischen Stannatbildung (m. N. Andô).
- Tammann, G., 1930, 193, 76. Kristallisationsgeschwindigkeit und Kernzahl des Glyzerins in Abhängigkeit von der Temperatur (m. E. Jenckel).
- 1930, 193, 245. Reaktionen beim Zusammenschmelzen von Glassätzen (m. W. Oelsen).
- 1930, 193, 406. Molekularkinetik im Erweichungsgebiet der Gläser.
- 1930, 194, 159. Temperaturabhängigkeit der Löslichkeit von Edelgasen in Flüssigkeiten.
- 1930, 194, 268. Struktur dünner Häutchen, die sich aus Lösungen von Stoffen bilden, die kristallisieren und die nicht kristallisieren (m. H. Elsner v. Gronow).
- 1930, 194, 273. Änderungen der Temperatur des Dichtemaximums wäßriger Lösungen und ihre Oberflächenspannungen in Abhängigkeit von der Konzentration (m. A. Rohmann).
- Tanaka, Yasuo, 1931, 195, 35. Thioxystannite des Calciums, Bariums und Strontiums (m. S. Tamaru).
- Thiessen, P. A., 1931, 195, 83. Zinnsäureester und Zinnsäuren (m. O. Koerner).
- Tulecki, J., 1931, 195, 228. Ferroferrite. I. Ferroferrite aus Ortho- und Meta-Ferrihydroxyd (m. A. Krause).
- Tutundzić, P. S., 1930, 193, 420. Elektrische Leitfähigkeit der Lösungen von Kaliumpererrhenat (m. N. A. Puschin).
- Ueda, Yoshihiro, 1930, 193, 119. Schrumpfung der Blattmetalle beim Erhitzen (m. I. Sawai u. M. Nishida).
- Voigt, A., 1930, 193, 311. Rhenium. I. Bestimmung löslicher Perrhenate mit Hilfe von Nitron (m. W. Geilmann).

- Wartenberg, H. v.**, 1930, 193, 409. Bildungswärme von Fluoroxyd (m. G. Klinkott).
- Weibke, F.**, 1930, 193, 297. Thermische Diagramme der Systeme Silber-Strontium und Silber-Barium.
- 1931, 195, 289. Analytische Chemie des Rheniums. II. Bestimmung des Rheniums als Nitronperrhenat nach vorhergehender Fällung als Sulfid (m. W. Geilmann).
- Wiberg, E.**, 1931, 195, 288. Strukturprinzipien der Borwasserstoffverbindungen (Nachtrag zu 187 [1930], 368).
- Winkel, August**, 1930, 193, 1. Amphotere Oxydhydrate. X. Hydrolysevorgänge und Aggregationsprodukte in wäßrigen Eisen(3)-salzlösungen (m. G. Jander).
- Wolff, Arthur**, 1930, 193, 47. Parawolframate (m. A. Rosenheim, J. E. Koch u. N. Siao).
- 1930, 193, 64. Heteropolywolframate (m. A. Rosenheim).
- Wünnenberg, Elisabeth**, 1930, 193, 351. Molekular- und Atomvolumina 30. Tieftemperaturvolumina der kristallisierten Stickstoffoxyde (m. W. Biltz u. W. Fischer).
- Würstlin, K.**, 1930, 194, 316. Häufigkeit der Elemente der Vanadiumgruppe in Eruptivgesteinen (m. G. v. Hevesy u. E. Alexander).
- Wustrow, Werner**, 1931, 195, 129. Analyse der Zersetzungsprodukte des Kohlenoxychlorides (m. A. Stock, H. Lux, H. Ramser u. A. Scheider).
- 1931, 195, 140. Zersetzung des Kohlenoxychlorides in der Wärme. II. (m. A. Stock, H. Lux u. H. Ramser).
- 1931, 195, 149. Bildung von CCl_4 aus den Elementen (m. A. Stock u. H. Lux).

Register der Laboratorien

- Aachen**, Technische Hochschule, Anorganisches und elektrochemisches Laboratorium, 1930, 194, 351. A. Benrath, H. Steinrath: Beständigkeit komplexer Kobalt- und Chromsalze als Bodenkörper. II.
- — — 1930, 194, 358. A. Benrath, H. Pitzler: Beständigkeit komplexer Kobalt- und Chromsalze als Bodenkörper. III.
- — — 1931, 195, 247. A. Benrath: Polythermen der ternären Systeme, die neben Wasser je ein Sulfat der Alkalien und der Vitriolbildner enthalten. III.
- Allahabad (Indien)**, University of Allahabad, Chemical Laboratory, 1930, 194, 305. S. N. Banerji, S. Ghosh: Hysteresis bei der Sol-Gel-Umwandlung.
- Belgrad**, Universität, Technische Fakultät, Physikalisch-Chemisches Laboratorium, 1930, 193, 420. N. A. Puschin, P. S. Tutundžić: Elektrische Leitfähigkeit der Lösungen von Kaliumpererrhenat.
- Berlin**, Wissenschaftlich-Chemisches Laboratorium, 1930, 193, 47. A. Rosenheim, A. Wolff: Iso- und Heteropolysäuren. XX. Parawolframate.
- — — 1930, 193, 64. A. Rosenheim, A. Wolff: Iso- und Heteropolysäuren. XXI. Heteropolywolframate.
- — — 1930, 193, 73. A. Rosenheim: Pyroarsenate.
- Birmingham-Erdington**, 1931, 195, 338. E. W. Madge: Bemerkung zur Arbeit von W. Herz über Siedepunkte und Dampfdruckformeln organischer Flüssigkeiten.
- Braunschweig**, Technische Hochschule, Chemisches Institut, 1930, 193, 385. F. Krauß, H. Steinfeld: Herstellung von reinen Rheniumverbindungen.
- Braunschweig**, Technische Hochschule, Physikalisch-chemisches Institut, 1930, 193, 161. W. A. Roth, R. Grau, A. Meichsner: Thermochemie des Schwefels. III.
- — — 1931, 195, 239. W. A. Roth, H. Havekoß: Bildungswärme von Kobalt-II-oxyd.
- Breslau**, Technische Hochschule, Anorganisch-chemisches Institut, 1930, 193, 176. O. Ruff, R. Keim: Jod-7-fluorid.
- — — 1931, 195, 60. O. Ruff: Zu der Arbeit „Fraktionierte Fällung, V. Einschluß von Fremdstoffen im Kristallgitter“.
- Breslau**, Technische Hochschule, Institut für Chemische Technologie 1930, 194, 73. C. Kröger: Abhängigkeit der Knallgaskatalyse von der Katalysatormenge.
- Breslau**, Technische Hochschule, Lehrstuhl für Metallkunde, 1930, 194, 113. W. Hummitzsch, F. Sauerwald: Mehrstoffsysteme mit Eisen. III. System Eisen-Phosphor-Silicium.
- Breslau**, Technische Hochschule, Physikalisch-chemisches Institut, 1930, 194, 47. K. Clusius: Rubidium- und Cäsiumnitrid.
- — — 1931, 195, 345. H. Seekamp: Messung wahrer spezifischer Wärmen fester und flüssiger Metalle bei hohen Temperaturen.
- Breslau**, Universität, Chemisches Institut, Anorganische Abteilung, 1930, 193, 191. J. Meyer, W. Franke: Darstellung von Tellursäure.
- — — 1930, 194, 278. J. Meyer, M. Aulich: Zur Kenntnis der Vanadosalze.
- — — 1931, 195, 121. J. Meyer, Ch. Kittelmann: Neodymselenate.
- — — 1931, 195, 127. J. Meyer, F. Schulz: Ceriselenate.
- Brünn**, Deutsche technische Hochschule, Institut für analytische Chemie, 1930, 193, 367. A. Kurtenacker, K. Matejka: Darstellung von Tetra- und Trithionat aus Thiosulfat und schwefliger Säure.

- Budapest**, Königlich-Ungarische Geologische Anstalt, Agrochemisches Laboratorium, 1930, **194**, 239. A. v. Endrédy: Bestimmung der Phosphorsäure als 3-Ammonium-phosphor-12-molybdat, bzw. Phosphor-12-molybdänsäureanhydrid.
- Danzig**, Technische Hochschule, Anorganisch-chemisches Institut, 1930, **193**, 409. H. v. Wartenberg, G. Klinkott: Bildungswärme von Fluoroxyd.
- Dresden**, Technische Hochschule, Anorganisch-chemisches Laboratorium, 1931, **195**, 269. E. Gruner, J. Elöd: Verhalten der Kieselsäuremodifikationen und -varietäten im Chlorstrom bei Gegenwart von Kohle.
- Eindhoven (Holland)**, N. V. Philips Gloeilampenfabrieken, Natuurkundig Laboratorium, 1930, **193**, 144. W. G. Burgers, J. A. M. v. Liempt: Verhalten des Thoroxyds in Wolframglühdrähten.
- — — 1931, **195**, 366. J. A. M. van Liempt: Theorie der Rekristallisation.
- Frankfurt a. M.**, Universität, Chemisches Institut, 1930, **193**, 316. F. L. Hahn: Konstitution der Borate.
- — — 1931, **195**, 75. F. L. Hahn: Bestimmung von Jodid neben Bromid und Chlorid.
- Frankfurt a. M.-Höchst**, I. G. Farbenindustrie, Physikalisches Laboratorium, 1931, **195**, 255. W. Gerlach, E. Schweitzer: Spektralanalytische Untersuchungen zur chemischen Mikroanalyse. X. Verwendung von Hochfrequenz zur Funkenerzeugung. Quantitativer Nachweis kleinster Quecksilbermengen.
- Freiburg i. Br.**, Universität, Institut für physikalische Chemie, 1930, **194**, 162. G. v. Hevesy, A. Guenther: Versuche, ein stabiles Isotop des Poloniums aufzufinden.
- — — 1930, **194**, 316. G. v. Hevesy, E. Alexander, K. Würstlin: Häufigkeit der Elemente der Vanadiumgruppe in Eruptivgesteinen.
- — — 1931, **195**, 339. G. v. Hevesy, E. Cremer: Sulfate des Zirkoniums und Hafniums.
- Göteborg**, Chalmers Technisches Institut, 1930, **193**, 29. J. A. Hedvall, W. Andersson: Einwirkung von Zusätzen fremder Stoffe auf die Reaktionsfähigkeit des Hauptkristalls.
- Göttingen**, Universität, 1930, **193**, 321. W. Biltz: Molekular- und Atomvolumina 29. Drei Ordnungsprinzipien des Volumensatzes der festen Stoffe.
- — — 1930, **193**, 351. W. Biltz, W. Fischer, E. Wünnenberg: Molekular- und Atomvolumina 30. Tieftemperaturvolumina der kristallisierten Stickstoffoxyde.
- Göttingen**, Universität, Allgemeines chemisches Laboratorium, Anorganische Abteilung, 1930, **193**, 1. G. Jander, A. Winkel: Amphotere Oxydhydrate. X. Hydrolysevorgänge und Aggregationsprodukte in wäßrigen Eisen(3)-salzlösungen.
- — — 1930, **194**, 38. G. Jander, F. Busch: Gewinnung von Rubidium- und Cäsiumpräparaten aus dem Carnallit. III.
- — — 1930, **194**, 383. G. Jander, K. F. Jahr, W. Heukeshoven: Amphotere Oxydhydrate. XI. Aufbau und Abbau hochmolekularer Molybdate, Polymolybdate und Polymolybdänsäuren.
- Göttingen**, Universität, Institut für anorganische Chemie, 1931, **195**, 83. P. A. Thiessen, O. Koerner: Zinnsäureester und Zinnsäure.
- Göttingen**, Universität, Institut für physikalische Chemie, 1930, **193**, 245. G. Tammann, W. Oelsen: Reaktionen beim Zusammenschmelzen von Gläsern.
- — — 1930, **193**, 406. G. Tammann: Molekularkinetik im Erweichungsgebiet der Gläser.
- — — 1930, **194**, 159. G. Tammann: Temperaturabhängigkeit der Löslichkeit von Edelgasen in Flüssigkeiten.
- — — 1930, **194**, 268. G. Tammann, H. Elsner v. Gronow: Struktur dünner Häutchen, die sich aus Lösungen von Stoffen bilden, die kristallisieren und die nicht kristallisieren.

- Göttingen**, Universität, Institut für physikalische Chemie, 1930, 194, 273. G. Tammann, A. Rohmann: Änderungen der Temperatur des Dichtemaximums wäßriger Lösungen und ihre Oberflächenspannungen in Abhängigkeit von der Konzentration.
- — — 1930, 193, 76. G. Tammann, E. Jenckel: Kristallisationsgeschwindigkeit und Kernzahl des Glyzerins in Abhängigkeit von der Temperatur.
- Graz**, Technische Hochschule, Institut für anorganisch-chemische Technologie, 1930, 193, 391. G. Jantsch, N. Skalla: Halogenide der seltenen Erden. IV. Samarium(II)jodid und thermischer Abbau des Samarium(III)jodids.
- Hannover**, Technische Hochschule, Institut für anorganische Chemie, 1930, 193, 297. F. Weibke: Thermische Diagramme der Systeme Silber-Strontium und Silber-Barium.
- — — 1930, 193, 311. W. Geilmann, A. Voigt: Rhenium. I. Bestimmung löslicher Perrhenate mit Hilfe von Nitron.
- — — 1930, 193, 321. W. Biltz: Molekular- und Atomvolumina 29. Drei Ordnungsprinzipien des Volumensatzes der festen Stoffe.
- — — 1930, 193, 351. W. Biltz, W. Fischer, E. Wünnenberg: Molekular- und Atomvolumina 30. Tieftemperaturvolumina der kristallisierten Stickstoffoxyde.
- — — 1931, 195, 289. W. Geilmann, F. Weibke: Bestimmung des Rheniums als Nitronperrhenat nach vorhergehender Fällung als Sulfid.
- Heidelberg**, Universität, Chemisches Institut, 1930, 194, 258. E. Müller, J. Knöfel: Einwirkung von Kohlensäure unter Druck auf Salze der Erdalkalimetalle. I. Einwirkung auf Calciumphosphate.
- — — 1930, 194, 261. E. Müller, W. Lubberger: Einwirkung von Kohlensäure unter Druck auf Salze der Erdalkalimetalle. II. Einwirkung auf Erdalkalisilikate.
- Helsingfors**, Universität, Laboratorium, 1930, 194, 139. O. Aschan, G. Petrelius: Einwirkung von zweiwertigen Metallen auf die Persulfate der Alkaligruppe. Synthese der Doppelsalze des Typus $M_2M''(SO_4)_2$.
- Jena**, Universität, Chemisches Institut, 1931, 195, 61. K. Gleu: Neues Verfahren zur titrimetrischen Bestimmung von Caro'scher Säure, Überschwefelsäure und Wasserstoffsuperoxyd nebeneinander.
- Jena**, Universität, Physikalisches Institut, 1931, 195, 321. H. Lucas: Intensitätsverhältnisse in den Spektren von Alkaligemischen und die Möglichkeit einer quantitativen Spektralanalyse dieser Elemente.
- Karlsruhe**, Technische Hochschule, Chemisches Institut, 1931, 195, 129. A. Stock, W. Wustrow, H. Lux, H. Ramser, A. Scheider: Analyse der Zersetzungsprodukte des Kohlenoxychlorides.
- — — 1931, 195, 140. A. Stock, W. Wustrow, H. Lux, H. Ramser: Zersetzung des Kohlenoxychlorides in der Wärme. II.
- — — 1931, 195, 149. A. Stock, H. Lux, W. Wustrow: Bildung von CCl_4 aus den Elementen.
- — — 1931, 195, 158. A. Stock, H. Lux, J. W. R. Rayner: Bestimmung kleiner Mengen H und O in aktiver Kohle.
- — — 1931, 195, 288. Strukturprinzipien der Borwasserstoffverbindungen. [Nachtrag zu 187 (1930), 368.]
- Kiel**, Universität, Chemisches Institut, 1931, 195, 195. H. Bode: Salpetersäurereduktion durch Stickoxyd. I. Gleichgewicht.
- — — 1931, 195, 201. H. Bode: Salpetersäurereduktion durch Stickoxyd. II. Das elektrochemische Potential.
- Kiew**, Forschungsinstitut für Physik, 1930, 193, 270. W. E. Laschkarew: Struktur von $AlCl_3$.
- Kioto (Japan)**, Universität, Institut für chemische Untersuchungen, 1930, 193, 119. I. Sawai, Y. Ueda, M. Nishida: Schrumpfung der Blattmetalle beim Erhitzen.
- — — 1930, 193, 133. I. Sawai, M. Nishida: Längenänderung von Glasfäden bei hoher Temperatur.
- Leningrad**, 1930, 194, 1. P. Saldau: Spezielle Eigenschaften eutektischer und eutektoider Gemische in den binären Metallsystemen.

- Leningrad**, Akademie der Wissenschaften von U. d. S. S. R., Platin-Institut, 1930, 193, 193. A. A. Grünberg, G. P. Faermann: Ammoniakate und Amide des vierwertigen Platins als Säuren und Basen.
- Leningrad**, Polytechnisches Institut, Laboratorium für allgemeine Chemie, 1930, 193, 237. W. Schischokin, W. Agejewa: Härte der Metalllegierungen bei verschiedenen Temperaturen.
- Leningrad**, Staatliches Optisches Institut, Photographisches Laboratorium, 1930, 193, 193. A. A. Grünberg, G. P. Faermann: Ammoniakate und Amide des vierwertigen Platins, als Säuren und Basen.
- Moskau**, Karpow-Institut für Chemie, 1930, 194, 369. S. Liepatoff, L. Korobowa: Lyophile Kolloide. I. Hydratation lyophiler Kolloide.
- — — 1930, 194, 377. S. Liepatoff, L. Korobowa: Lyophile Kolloide. II. Theorie der Makro- und Mikro-Synärese.
- Moskau**, Karpow-Institut für Chemie, Laboratorium für verflüssigte Gase, 1930, 193, 187. A. I. Schattenstein: Neuer automatischer Kryostat.
- Moskau**, Wissenschaftliches Forschungsinstitut für angewandte Mineralogie, Thermisches Laboratorium, 1930, 194, 323. E. V. Britzke, A. F. Kapustinsky: Affinität von Metallen zu Schwefel. I. Thermisches Gleichgewicht zwischen Wasserstoff und den Sulfiden von Eisen, Zinn, Cadmium, Wismut und Antimon.
- München**, Bayerische Akademie der Wissenschaften, Chemisches Laboratorium, 1930, 194, 293. O. Hönigsmid, H. Striebel: Revision des Atomgewichtes von Thallium. Analyse des Thallobromids.
- — — 1930, 194, 299. P. Harteck, H. Striebel: Versuch zur Trennung der Isotopen des Broms. Atomgewicht des Broms aus dem Verhältnis von Silber zu Bromsilber.
- — — 1931, 195, 1. O. Hönigsmid, K. Kempter: Revision des Atomgewichtes des Calciums. Atomgewicht des Calciums aus Sylvin.
- — — 1931, 195, 207. O. Hönigsmid, R. Sachtleben: Fundamentale Atomgewichte. IX. Atomgewicht des Schwefels. Synthese des Schwefelsilbers.
- München**, Universität, Physikalisches Institut, 1931, 195, 15. K. Ruthardt: Quantitativer, spektralanalytischer Nachweis von Strontium in Calcium.
- — — 1931, 195, 255. W. Gerlach, E. Schweitzer: Spektralanalytische Untersuchungen zur chemischen Mikroanalyse. X. Die Verwendung von Hochfrequenz zur Funkenerzeugung. Quantitativer Nachweis kleinster Quecksilbermengen.
- Oslo**, Universität, Chemisches Laboratorium, 1930, 193, 113. M. Prytz: Normalpotential von Beryllium.
- Posen**, Universität, Institut für Pflanzenphysiologie und Agrikulturchemie, 1931, 195, 228. A. Krause, J. Tulecki: Ferroferrite. I. Ferroferrite aus Ortho- und Meta-Ferrihydroxyd.
- Prag**, Deutsche Technische Hochschule, 1930, 194, 147. H. Ditz: Bestimmung von Jodiden bei Vorhandensein anderer Halogene.
- Prag**, Deutsche Technische Hochschule, Institut für anorganische und analytische Chemie, 1930, 193, 81. G. F. Hüttig, A. König: Oxydhydrate. XXXII. System Vanadinpentoxyd-Wasser.
- — — 1930, 193, 93. G. F. Hüttig, A. König: Oxydhydrate. XXXIII. System Niobpentoxyd-Wasser.
- — — 1930, 193, 100. G. F. Hüttig, A. König: Oxydhydrate. XXXIV. System Tantalpentoxyd-Wasser.
- Schenectady, (N. Y., USA)**, 1930, 193, 106. R. D. Kleeman: Bildungswärme und Elektroneneigenschaften des Atoms.
- — — 1931, 195, 164. R. D. Kleeman: Strahlung und Molekulareigenschaften.
- Sofia (Bulgarien)**, Universität, Chemisches Institut, 1930, 194, 151. Z. Karaoglanov, B. Sagortschev: Mechanismus von Fällungsvorgängen. I. Reaktion zwischen Bleichlorid und Ammoniumchromat.
- — — 1931, 195, 105. Z. Karaoglanov, B. Sagortschev: Mechanismus von Fällungsvorgängen. II. Reaktion zwischen H_2SO_4 und PbBr_2 .
- — — 1931, 195, 113. Z. Karaoglanov, B. Sagortschev: Mechanismus von Fällungsvorgängen. III. Reaktion zwischen H_2SO_4 und PbBr_2 .

- Stuttgart, Technische Hochschule, Laboratorium für anorganische Chemie und anorganisch-chemische Technologie, 1930, 194, 89. A. Simon, Th. Reetz: Eisenaktivität. V. Benzidinreaktion.
- — — 1931, 195, 241. E. Sauer, J. Huter: Umsetzung von Magnesiumsalzen mit Calciumcarbonat bei erhöhtem Dampfdruck.
- Stuttgart, Technische Hochschule, Laboratorium für physikalische Chemie und Elektrochemie, 1930, 194, 179. G. Grube, J. Hille: Spitzen auf den Isothermen der elektrischen Leitfähigkeit metallischer Mischkristalle.
- — — 1930, 194, 190. G. Grube, E. Schiedt: Elektrische Leitfähigkeit und thermische Ausdehnung der Magnesium-Cadmiumlegierungen.
- Stuttgart, Technische Hochschule, Röntgenlaboratorium, 1930, 194, 223. U. Dehlinger: Röntgenographische Untersuchungen am System Cd-Mg.
- Tartu-Dorpat, Universität, Anorganisch-chemisches Laboratorium, 1930, 193, 277. G. Landesén, M. Reital: Einfluß von NH_4SH , NH_4OH und $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ auf den Grünübergang des rosa Mangansulfides.
- Tokyo-Ookayama, Technische Hochschule, Physikalisch-Chemisches Laboratorium, 1931, 195, 24. S. Tamaru, H. Sakurai: Stannite des Calciums, Strontiums und Bariums.
- — — 1931, 195, 35. S. Tamaru, Y. Tanaka: Thioxystannite des Calciums, Bariums und Strontiums.
- — — 1931, 195, 309. S. Tamaru, N. Andô: Katalyse der Reaktionen zwischen festen Stoffen. II. Reaktionsmechanismus der katalytischen Stannatbildung.
- Warschau, Mokotowska 41, 1931, 195, 173. G. Birstein, N. Lobanow: Kinetik der heterogenen Formiatbildung.
- Wien, Universität, I. Chemisches Laboratorium, Anorganische Abteilung, 1930, 194, 51. A. Klemenc, J. Rupp: Salpetersäure. VI. Totaldampfdrucke der Lösungen von Stickstoffdioxid in hochkonzentrierter bis absoluter Salpetersäure und die entsprechenden Dichten.
- Wien, Universität, Mineralogisches Institut, 1931, 195, 41. E. Dittler, H. Hueber: Neue Methode zur Bestimmung kleiner und kleinster Wasser- und Kohlensäuremengen in Silikaten.

Sachregister

A.

- Abbau, isobarer, v. 2-Niob-5-oxyd-Hydraten. G. F. Hüttig, A. König, 193, 93.
— v. 2-Tantal-5-oxyd-Hydraten. G. F. Hüttig, A. König, 193, 100.
— v. 2-Vanadin-5-oxyd-Hydraten. G. F. Hüttig, A. König, 193, 81.
Abbau, isothermer, v. Zinn-2-oxyd-Hydraten. P. A. Thiessen, O. Koerner, 195, 83.
Abbau, thermischer, v. Samarium-3-jodid. G. Jantsch, N. Skalla, 193, 391.
Absorption s. auch Lichtabsorption.
Adsorption v. Gasen a. Blattmetallen; Einfl. a. d. Schrumpfung. J. Sawai, M. Nishida, 193, 119.
— v. Sauerstoff; Einfl. a. d. Katalyse d. Wasserbldg. durch Mett. u. Oxyde. C. Kröger, 194, 73.
Äthyläther. Dichtemax. d. wäBr. Lsgg.; Binnendruck. G. Tammann, A. Rohmann, 194, 273.
Äthylalkohol. Dichtemax. d. wäBr. Lsgg. u. Binnendruck. G. Tammann, A. Rohmann, 194, 273.
4-Äthylstannat-2-Äthylalkohol. Darst., Hydrolyse. P. A. Thiessen, O. Koerner, 195, 83.
Affinität v. Metallen zu Schwefel. E. V. Britzke, A. F. Kapustinsky, 194, 323.
Alkalichloride. Einfl. a. d. Sol-Gelumwdlg. v. Seifen. S. N. Banerji, S. Ghosh, 194, 305.
Alkalimetalle. Atomräume i. versch. Verbb. W. Biltz, 193, 321.
— Best. v. K u. Na nebeneinander durch Emissionsspektralanalyse. H. Lucas, 195, 321.
Alkohogel v. Natriumpalmitat u. -stearat. S. N. Banerji, S. Ghosh, 194, 305.
Alkohosol v. Natriumpalmitat u. -stearat; Hysteresis d. Umwandlung i. Gel. S. N. Banerji, S. Ghosh, 194, 305.
Aluminium. Wahre spez. Wärme b. hohen Tempp. H. Seekamp, 195, 345.
Aluminium-3-chlorid. Kristallstruktur. W. E. Laschkarew, 193, 270.
Amalgam v. Beryllium; Pot. geg. Berylliumsalzlsgg. M. Prytz, 193, 113.
— s. auch Legierungen v. Quecksilber u. die einzelnen Metallamalgame.
Ameisensäure. Rk.-Kinetik d. Bldg. ihrer Salze aus Formaldehyd. G. Birstein, N. Lobanow, 195, 173.
Ammoniak. Einfl. a. d. Übergang v. rosa Mangansulfid in die grüne Form. G. Landesén, M. Reistal, 193, 277.
— Oxydation durch H_2O_2 i. Ggw. v. Rheniumverbb. W. Geilmann, F. Weibke, 195, 289.
Ammoniakate. Raumbeanspruchung d. NH_3 . W. Biltz, 193, 321.
Ammoniumchromat. Fällg. d. Lsg. m. Pb^{++} ; Einfl. v. Cl^- auf den Chlorgehalt d. Ndschlgs. Z. Karaoglanov, B. Sagortschev, 194, 151.
Ammonium-per-sulfat. Einw. d. Lsg. a. Metalle; Bldg. v. Doppelsulfaten. O. Aschan, 194, 139.
Ammoniumsulfid. Einfl. a. d. Übergang v. rosa Mangansulfid i. d. grüne Form. G. Landesén, M. Reistal, 193, 277.
Ammonium-1-Hydro-1-sulfid. Einfl. a. d. Übergang v. rosa Mangansulfid i. d. grüne Form. G. Landesén, M. Reistal, 193, 277.
Ammonium-3thionat. Darst. a. $(NH_4)_2S_2O_3$ u. SO_2 . A. Kurtenacker, K. Matejka, 193, 367.
Ammonium-4thionat. Darst. a. $(NH_4)_2S_2O_3$ u. SO_2 . A. Kurtenacker, K. Matejka, 193, 367.

- Ammoniumthiosulfat.** Verh. geg. Schwefligsäure; Bldg. v. 3Thionat u. 4Thionat. A. Kurtenacker, K. Matejka, 193, 367.
- Ammonium-*para*-wolframat-7-Hydrat:** $5(\text{NH}_4)_2\text{O} \cdot 12\text{WO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Darst., Lösl. A. Rosenheim, A. Wolff, 193, 47.
- Ammonium-*para*-wolframat-11-Hydrat:** $5(\text{NH}_4)_2\text{O} \cdot 12\text{WO}_3 \cdot 11\text{H}_2\text{O}$. Darst., Lösl. A. Rosenheim, A. Wolff, 193, 47.
- Analyse.** Best. v. Benzidin durch H_2SO_4 . A. Simon, Th. Reetz, 194, 89.
- Best. v. Phosphorsäure als Ammonium-molybdänsäurephosphat. A. v. Endrédy, 194, 239.
- Best. v. *Per*-Rhenat m. Nitron. W. Geilmann, A. Voigt, 193, 311.
- Best. v. Rhenium als Nitron-*per*-rhenat nach Ausfällg. als Sulfid. W. Geilmann, F. Weibke, 195, 289.
- Best. d. Silicium-2-oxydformen nebeneinander. E. Gruner, J. Elöd, 195, 269.
- Best. v. Wasser i. kleinen Mengen in Silicaten. E. Dittler, H. Hueber, 195, 41.
- Best. v. Wasserstoff u. Sauerstoff i. akt. Kohle. A. Stock, H. Lux, J. W. R. Rayner, 195, 158.
- Best. d. Zersetzungsprodd. v. Kohlen-1-oxy-2-chlorid. A. Stock, W. Wustrow, 195, 129.
- Best., mikroanalyt., v. Quecksilber u. anderen Elementen durch Emissionsspektralanalyse m. Hochfrequenzfunken. W. Gerlach, E. Schweitzer, 195, 255.
- v. Gasgemischen durch frakt. Kondensation. A. Stock, W. Wustrow, 195, 129.
- Trenng. d. Poloniums v. Te u. Bi; Aufschluß v. Te- u. Bi-mineralien. G. v. Hevesy, A. Guenther, 194, 162.
- s. auch Spektralanalyse, Maßanalyse.
- Anilin.** Anwdg. z. quant. Absorption v. COCl_2 u. HCl aus Gasgemischen. A. Stock, A. Wustrow, 195, 129.
- Antimon.** Gleichgew., het., d. Rk.: $2\text{Sb} + 3\text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons \text{Sb}_2\text{S}_3 + 3\text{H}_2$. E. V. Britzke, A. F. Kapustinsky, 194, 323.
- Katalysator d. Wasserbldg. a. Knallgas. C. Kröger, 194, 73.
- Legg., bin., m. Blei; Härte, Fließdruck, Leitverm. P. Saldau, 194, 1.
- 2-Antimon-3-oxyd.** Komplexverbb. m. Wolframsäure. A. Rosenheim, A. Wolff, 193, 64.
- 2-Antimon-3-sulfid.** Dampfdruck, Bldgs.-wärme, Gleichgew., het., d. Rk.: $\text{Sb}_2\text{S}_3 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{Sb} + 3\text{H}_2\text{S}$. E. V. Britzke, A. F. Kapustinsky, 194, 323.
- Apparat** z. Best. d. Dampfdruckes v. HNO_3 - NO_2 -gemischen. A. Klemenc, J. Rupp, 194, 51.
- z. Best. d. Dichten v. festen Stickstoffoxyden b. tiefen Tempp. W. Biltz, W. Fischer, E. Wünnenberg, 193, 351.
- z. Best. d. Dichten v. HNO_3 - NO_2 -gemischen. A. Klemenc, J. Rupp, 194, 51.
- z. Best. v. H u. O i. akt. Kohle. A. Stock, H. Lux, J. W. R. Rayner, 195, 158.
- z. Best. d. Katalyse v. Knallgas durch Mett. u. Oxyde. C. Kröger, 194, 73.
- z. Best. d. Längenänderung v. Glasfäden b. hohen Tempp. J. Sawai, M. Nishida, 193, 133.
- z. Best. d. Reaktionskinetik d. Formiatbldg. a. Formaldehyd. G. Birstein, N. Lobanow, 195, 173.
- z. Best. d. Schrumpfung v. Blattmetallen i. versch. Atmosphären. J. Sawai, Y. Ueda, M. Nishida, 193, 119.
- z. Best. d. wahren spez. Wärme v. festen u. flüss. Metallen b. hohen Tempp. H. Seekamp, 195, 345.
- z. Best. v. Wasser i. Silicaten. E. Dittler, H. Hueber, 195, 41.
- z. Best. d. Zersetzungsprodd. v. COCl_2 . A. Stock, W. Wustrow, 195, 129.
- z. Darst. v. Äthylstannat. P. A. Thiessen, O. Koerner, 195, 83.
- z. Darst. v. Fluor durch Elektrolyse. H. v. Wartenberg, G. Klinkott, 193, 409.
- z. Darst. v. Fluoroxyd. H. v. Wartenberg, G. Klinkott, 193, 409.
- z. Darst. v. Jod-7-fluorid. O. Ruff, R. Keim, 193, 176.

- Apparat** z. Erzeugung v. Hochfrequenzfunken f. Emissionsspektralanalyse. W. Gerlach, E. Schweitzer, 195, 255.
- z. Herst. v. V^{II} -salzen durch elektrolyt. Reduktion v. V_2O_5 -lsgg. J. Meyer, M. Aulich, 194, 278.
- Kryostat, automatischer, m. CO_2 . A. J. Schattenstein, 193, 187.
- z. Untersuchung d. Rkk.: $C + 2 Cl_2 \rightarrow CCl_4$. A. Stock, H. Lux, W. Wustrow, 195, 149.
- z. Untersuchung d. Zerfalls v. $COCl_2$. A. Stock, W. Wustrow, H. Lux, H. Ramser, 195, 140.
- Argon.** Temp.-Koeff. d. Lösl. i. versch. Flüssigkeiten. G. Tammann, 194, 159.
- Pyro-Arsenat** v. Kupfer. A. Rosenheim, 193, 73.
- 2-Arsen-3-oxyd.** Katalysator d. Rk. zw. $Na_2S_2O_3$ u. SO_2 unter Bldg. v. 3 Thionat u. 4 Thionat. A. Kurtenacker, K. Matejka, 193, 367.
- Komplexverb. m. Wolframsäure. A. Rosenheim, A. Wolff, 193, 64.
- Atombau.** Bezz. z. Atomraum. W. Biltz, 193, 321.
- Bezz. d. Elektroneneigenschaften z. Bldgs.-wärme. R. D. Kleeman, 193, 106.
- Atomgewicht** v. Brom. P. Harteck, H. Striebel, 194, 299.
- v. Calcium; Neubest. m. Ca commune u. aus Sylvin. O. Hönigschmid, K. Kempter, 195, 1.
- v. Schwefel; Neubest. durch Synthese v. Ag_2S . O. Hönigschmid, R. Sachtleben, 195, 207.
- v. Thallium; Neubest. durch Analyse v. $TlBr$. O. Hönigschmid, H. Striebel, 194, 293.
- Atomraum.** Bezz. z. Atombau. W. Biltz, 193, 321.
- i. Verb. Additivität, Gleichräumigkeit, konst. Einflüsse. W. Biltz, 193, 321.
- Ausdehnung** v. Magnesium-Cadmium-legg. G. Grube, E. Schiedt, 194, 190.
- Ausdehnungskoeffizient** v. Gold u. Silber. J. Sawai, Y. Ueda, M. Nishida, 193, 119.

B.

- Barium.** Legg., bin., m. Silber; Schmelzdiagramm, D. F. Weibke, 193, 297.
- Bariumcarbonat.** Rk. m. SnO (Stannitbldg.). S. Tamaru, H. Sakurai, 195, 24.
- Bariumchlorid.** Einfl. a. d. Umsetzung v. BaO m. $PbCl_2$ i. festem Zustand. J. A. Hedvall, W. Andersson, 193, 29.
- Barium-1-oxyd.** Rk. i. festem Zustand m. $PbCl_2$ od. $CuCl$ bei Zusatz v. Chloriden. J. A. Hedvall, W. Andersson, 193, 29.
- Barium-4-Silber.** Smp., D. F. Weibke, 193, 297.
- 2-Barium-3-Silber.** Smp., D. F. Weibke, 193, 297.
- 3-Barium-4-Silber.** Smp., D. F. Weibke, 193, 297.
- 3-Barium-5-Silber.** Smp., D. F. Weibke, 193, 297.
- Bariumsilicat.** Lösl. i. CO_2 -lsgg. unter Druck. E. Müller, W. Lubberger, 194, 261.
- Bariumstannit.** S. Tamaru, H. Sakurai, 195, 24.
- 2-Barium-1-oxy-1-sulfoxy-stannit,** $2BaO \cdot SnS$. S. Tamaru, Y. Tanaka, 195, 35.
- Barium-para-wolframat-Hydrat** $5BaO \cdot 12WO_3 \cdot 28H_2O$. A. Rosenheim, A. Wolff, 193, 47.
- Benzidin.** Oxydation m. H_2O_2 i. Ggw. v. Fe^{II} , Fe^{III} usw; quant. Best. durch H_2SO_4 i. Rk.-gemisch. A. Simon, Th. Reetz, 194, 89.
- Beryllium.** Legg., bin., m. Quecksilber; Darst., Pott. geg. Be-lsgg. M. Prytz, 193, 113.
- Normalpot.; Pott. d. Amalgame. M. Prytz, 193, 113.
- Bildungswärme** s. Wärmetönung d. Bldg.
- Binnendruck** wässr. Lsgg., Bezz. z. Dichtemax. u. z. Oberflächenspanng. G. Tammann, A. Rohmann, 194, 273.
- Blattmetall.** Schrumpfung; App. z. Messung; Einfl. d. Atmosphäre. J. Sawai, Y. Ueda, M. Nishida, 193, 119.
- Blei.** Legg., bin., m. Antimon; Härte, Fließdruck, Leitverm. P. Saldau, 194, 1.
- Legg., bin., m. Cd od. Sn ; Härte b. versch. Tempp. W. Schischokin, W. Agejewa, 193, 237.

- Blei**, Polymorphie; Legg., bin., m. Zinn; Härte, Fließdruck, Leitverm. P. Saldau 194, 1.
- Blei-2-bromid**. Fällg. d. Lsg. durch SO_4'' . Z. Karaoglanov, B. Sagortschev, 195, 113.
- Fällg. d. Lsgg. durch SO_4'' u. CrO_4'' . Z. Karaoglanov, B. Sagortschev, 195, 105.
- 2-Blei-2-bromid-1-sulfat**. Zwischenprod. b. Fällg. v. Pb'' durch SO_4'' i. Ggw. v. Br' ; Zerfallsgeschw. Z. Karaoglanov, B. Sagortschev, 195, 113.
- Blei-2-chlorid**. Fällg. d. Lsg. m. CrO_4'' ; Einfl. v. Cl' auf d. Chlorgehalt d. Ndschlgs. Z. Karaoglanov, B. Sagortschev, 194, 151.
- Rk. i. festem Zustand m. BaO unter Zusatz v. BaCl_2 . J. A. Hedvall, W. Andersson, 193, 29.
- Bleichromat**. Fällg. v. Pb'' m. CrO_4'' ; Einfl. v. Cl' auf den Chlorgehalt d. Ndschlgs. Z. Karaoglanov, B. Sagortschev, 194, 151.
- Rk.-mechanismus d. Fällg. i. Ggw. v. Br' . Z. Karaoglanov, B. Sagortschev, 195, 105.
- 2-Blei-1-chromat-2-chlorid**. Bldg. b. Fällg. v. PbCl_2 m. CrO_4'' . Z. Karaoglanov, B. Sagortschev, 194, 151.
- Blei-Kalium-silicat**. Bldg. b. Erhitzen eines Glassatzes a. SiO_2 , Pb_3O_4 , K_2CO_3 . G. Tammann, W. Oelsen, 193, 245.
- Blei-1-oxyd**. Rkk. m. SiO_2 u. K_2CO_3 b. Erhitzen. G. Tammann, W. Oelsen, 193, 245.
- 3-Blei-4-oxyd**. Rkk. m. SiO_2 u. K_2CO_3 b. Erhitzen. G. Tammann, W. Oelsen, 193, 245.
- Blei-meta-silicat**. Bldg. a. PbO u. SiO_2 b. Erhitzen. G. Tammann, W. Oelsen, 193, 245.
- Bleisulfat**. Rk.-mechanismus d. Fällg. i. Ggw. v. Br' . Z. Karaoglanov, B. Sagortschev, 195, 105.
- Rk.-mechanismus d. Fällg. i. Ggw. v. Br' . Z. Karaoglanov, B. Sagortschev, 195, 113.
- Borate**. Konst. F. L. Hahn, 193, 316.
- Poly-Borate**. Konst. F. L. Hahn, 193, 316.
- Borhydride**. Strukturprinzipien. E. Wiberg, 195, 288.
- Brom**. Reindarst. O. Hönigsmid, H. Striebel, 194, 293.
- Verss. z. Trenng. d. Isotopen; Atomgew. P. Harteck, H. Striebel, 194, 299.
- Bromid**. Einfl. a. d. maßanalyt. Best. v. Jodid m. MnO_4' . F. L. Hahn, 195, 75.
- Bromion**. Einfl. a. d. Fällg. v. Pb'' durch SO_4'' . Z. Karaoglanov, B. Sagortschev, 195, 113.
- Einfl. a. d. Fällg. v. PbSO_4 u. PbCrO_4 . Z. Karaoglanov, B. Sagortschev, 195, 105.
- Butylalkohol**. Dichtemax. d. wäßr. Lsgg., Binnendruck, Oberflächenspanng. G. Tammann, A. Rohmann, 194, 273.

C.

- Cadmium**. Gleichgew., het., d. Rk.: $\text{Cd} + \text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons \text{CdS} + \text{H}_2$. E. V. Britzke, A. F. Kapustinsky, 194, 323.
- Legg., bin., m. Bi, Pb, Sn od. Zn; Härte b. versch. Tempp. W. Schischokin, W. Agejewa, 193, 237.
- Legg., bin., m. Magnesium; Leitverm., el., Ausdehnung, Zustandsdiagramm. G. Grube, E. Schiedt, 194, 190.
- Legg., bin., m. Magnesium; röntgenograph. Untersuchung. U. Dehlinger, 194, 223.
- 2-Cadmium-1-pyro-arsenat**. A. Rosenheim, 193, 73.
- Cadmium-2-Kalium-2-sulfat-6-Hydrat**. O. Aschan, 194, 139.
- Cadmium-2-Natrium-2-sulfat-6-Hydrat**. O. Aschan, 194, 139.
- Cadmiumsulfid**. Dampfdruck, Bldgs.-wärme, Gleichgew., het., d. Rk.: $\text{CdS} + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{Cd} + \text{H}_2\text{S}$. E. V. Britzke, A. F. Kapustinsky, 194, 323.
- Caesiumazid**. Zers. zu Nitrid. K. Clusius, 194, 47.

- Caesiumchlorid.** Darst. a. Carnallit durch frakt. Fällg. m. Silicomolybdänsäure. G. Jander, F. Busch, 194, 38.
- Einfl. a. d. Umsetzg. v. BaO m. CuCl i. festem Zustand. J. A. Hedvall, W. Andersson, 193, 29.
- Caesiumnitrid, Cs₃N.** Darst. a. Azid; Formel. K. Clusius, 194, 47.
- Calaverit.** Aufschluß; Unters. auf stab. Poloniumisotop. G. v. Hevesy, A. Guenther, 194, 162.
- Calcium.** Atomgew., Neubest.; Vers. z. Auffindung eines Isotops Ca₄₁ im Ca aus Sylvin. O. Hönigschmid, K. Kempter, 195, 1.
- Calciumcarbonat.** Rkk. m. SiO₂ u. Na₂CO₃ b. Erhitzen. G. Tammann, W. Oelsen, 193, 245.
- Rkk. m. SiO₂, Na₂SO₄ u. C (Glassatz) b. Erhitzen. G. Tammann, W. Oelsen, 193, 245.
- Umsetzg. m. Magnesiumsalzen unter Druck. E. Sauer, J. Huter, 195, 241.
- Calcium-2-Hydro-2-carbonat.** Verh. s. Lsg. b. Erhitzen unter Druck u. Einw. a. Mg-salze. E. Sauer, J. Huter, 195, 241.
- Calciumchlorid.** Reindarst.; Befreiung v. SrCl₂. O. Hönigschmid, K. Kempter, 195, 1.
- Calcium-2-Natrium-2-carbonat.** Bldg. b. Erhitzen v. CaCO₃ u. Na₂CO₃; Rk. m. SiO₂. G. Tammann, W. Oelsen, 193, 245.
- Calcium-Natriumsilicat.** Bldgs.-rkk. b. Erhitzen v. Glassätzen. G. Tammann, W. Oelsen, 193, 245.
- Calciumoxyd.** Rk. m. Zinn-1-oxyd (Stannitbldg.). S. Tamaru, H. Sakurai, 195, 24.
- 3-Calcium-2-ortho-phosphat.** Lösl. i. CO₂-lsgg. unter CO₂-druck. E. Müller, J. Knöfel, 194, 258.
- Calcium-1-Hydro-1-ortho-phosphat.** Lösl. i. CO₂-lsgg. unter Druck. E. Müller, J. Knöfel, 194, 258.
- Calciumsalze.** Untersuchung auf Strontium durch Emissionsspektralanalyse. K. Ruthardt, 195, 1.
- Calciumsilicat.** Lösl. i. CO₂-lsgg. unter Druck. E. Müller, W. Lubberger, 194, 261.
- Calcium-meta-silicat.** Bldg. b. Erhitzen v. Glassätzen. G. Tammann, W. Oelsen, 193, 245.
- Calcium-meta-stannat.** Darst. a. Stannit. S. Tamaru, H. Sakurai, 195, 24.
- 2-Calcium-1-ortho-stannat.** Darst. a. Stannit. S. Tamaru, H. Sakurai, 195, 24.
- Rk.-mechanismus d. Bldg. aus SnO₂ u. CaO u. Ggw. v. Katalysatoren; Gleichgew., het., d. Rkk. $\text{Ca}_2\text{SnO}_4 + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{CaSnO}_2 + \text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$ u. $\text{Ca}_2\text{SnO}_4 + \text{CO} \rightleftharpoons \text{CaSnO}_2 + \text{CaO} + \text{CO}_2$. S. Tamaru, N. Andô, 195, 309.
- Calciumstannit.** Darst. a. CaO u. SnO. S. Tamaru, H. Sakurai, 195, 24.
- Zwischenprod. d. katalyt. Stannatbldg. a. SnO₂ u. CaO; Gleichgew., het., d. Rkk.: $\text{CaSnO}_2 + \text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Ca}_2\text{SnO}_4 + \text{H}_2$ u. $\text{CaSnO}_2 + \text{CaO} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{Ca}_2\text{SnO}_4 + \text{CO}$. S. Tamaru, N. Andô, 195, 309.
- 2-Calcium-1-oxy-1-sulfoxy-stannit 2CaO · SnS.** S. Tamaru, Y. Tanaka, 195, 35.
- Calciumsulfat.** Bldg. u. Rkk. i. Glassatz aus CaCO₃, Na₂SO₄, C, SiO₂. G. Tammann, W. Oelsen, 193, 245.
- Calciumsulfid.** Bldg. i. Glassatz aus Na₂SO₄, CaCO₃, C u. SiO₂. G. Tammann, W. Oelsen, 193, 245.
- Carnallit.** Verarbtg. auf Rubidium- u. Caesiumchlorid m. Silicomolybdänsäure. G. Jander, F. Busch, 194, 38.
- Carosche Säure** s. Sulfomonopersäure.
- Cer-2-selenat.** J. Meyer, F. Schulz, 195, 127.
- Chalcedon.** Verh. geg. Chlor i. Ggw. v. C. E. Gruner, J. Elöd, 195, 269.
- Chlor.** Best. i. Ggw. v. COCl₂, CO, CO₂, CCl₄, HCl. A. Stock, W. Wustrow, 195, 129.
- Einw. a. Silicium-2-oxyd i. versch. Formen (amorph, Quarz, Tridymit usw.) i. Ggw. v. C; versch. Verh. d. Formen. E. Gruner, J. Elöd, 195, 269.
- Gleichgew., hom., d. Rk.: $\text{Cl}_2 + \text{CO} \rightleftharpoons \text{COCl}_2$. A. Stock, W. Wustrow, H. Lux, H. Ramser, 195, 140.
- Rk. m. Kohlenstoff; Bldg. v. CCl₄; Einw. a. Glas. A. Stock, H. Lux, W. Wustrow, 195, 149.

- Chlorid.** Einfl. a. d. maßanalyt. Best. v. Jodid m. MnO_4' . F. L. Hahn, 195, 75.
 — Raumbeanspruchung d. Chlors. W. Biltz, 193, 321.
- Chlorion.** Einfl. a. d. Chlorgehalt v. PbCrO_4 b. Fällg. v. Pb'' m. CrO_4'' .
 Z. Karaoglanov, B. Sagortschev, 194, 151.
- Chlorsäure.** Einw. a. Tellur; Bldg. v. Tellursäure. J. Meyer, W. Franke, 193, 191.
- Chlorwasserstoff.** Best. i. Ggw. v. COCl_2 , CO , Cl , CO_2 , CCl_4 . A. Stock, W. Wustrow, 195, 129.
 — Einfl. a. d. Chlorgehalt v. PbCrO_4 b. dessen Fällg. aus PbCl_2 -lsg. m. CrO_4'' .
 Z. Karaoglanov, B. Sagortschev, 194, 151.
- Chromamine (Cr^{III}).** 2-Äthylendiamin-2-Chloro-Chrom-1-chlorid(trans).
 Verh. geg. HCl u. Äthylendiamin. A. Benrath, H. Steinrath, 194, 351.
 — 2-Äthylendiamin-2-Chloro-Chrom-1-chlorid-Hydrat(cis). Verh. geg.
 HCl u. Äthylendiamin. A. Benrath, H. Steinrath, 194, 351.
 — 3-Äthylendiamin-Chrom-3-chlorid-3-Hydrat. Verh. geg. HCl . A. Benrath, H. Steinrath, 194, 351.
 — 4-Ammoniak-1-Aquo-1-Bromo-2-bromid. Verh. geg. HBr u. NH_3 ;
 Darst. A. Benrath, H. Steinrath, 194, 351.
 — 4-Ammoniak-1-Aquo-1-Chloro-Chrom-2-chlorid(1,2). Darst., Verh.
 geg. HCl u. NH_3 . A. Benrath, H. Steinrath, 194, 351.
 — 4-Ammoniak-2-Aquo-Chrom-3-chlorid(-bromid). Verh. geg. HCl u.
 HBr . A. Benrath, H. Steinrath, 194, 351.
 — 4-Ammoniak-2-Aquo-Chrom-1-Hydro-4-nitrat. Verh. geg. HNO_3 .
 A. Benrath, H. Steinrath, 194, 351.
 — 4-Ammoniak-1-Aquo-1-Hydroxo-2-chlorid(-bromid). Verh. geg. HCl
 od. HBr . A. Benrath, H. Steinrath, 194, 351.
 — 4-Ammoniak-1-Aquo-1-Nitrato-Chrom-2-nitrat. Verh. geg. HNO_3 .
 A. Benrath, H. Steinrath, 194, 351.
 — 4-Ammoniak-1-Oxalato-Chrom-1-bromid- $\frac{1}{2}$ -Hydrat. A. Benrath,
 H. Steinrath, 194, 351.
 — 4-Ammoniak-1-Oxalato-Chrom-1-nitrat-1-Hydrat. Verh. geg. HCl
 u. HBr . A. Benrath, H. Steinrath, 194, 351.
 — 5-Ammoniak-1-Aquo-Chrom-3-bromid. A. Benrath, H. Steinrath, 194,
 351.
- Cristobalit.** Darst., Verh. geg. Chlor i. Ggw. v. C; Best. neben anderen SiO_2 -
 formen. E. Gruner, J. Elöd, 195, 269.

D.

- Dampfdichte** v. Jod-7-fluorid. O. Ruff, R. Keim, 193, 176.
- Dampfdruck** v. Hydraten d. V_2O_5 . G. F. Hüttig, A. König, 193, 81.
 — v. Jod-7-fluorid. O. Ruff, R. Keim, 193, 176.
 — d. 2-Niob-5-oxyd-Hydrate. G. F. Hüttig, A. König, 193, 93.
 — org. Flüssigkeiten. E. W. Madge, 195, 338.
 — v. Stickstoff-2-oxyd-lsgg. i. abs. u. wäßriger HNO_3 . A. Klemenc, J. Rupp,
 194, 51.
 — d. Sulfide v. Antimon, Cadmium, Eisen, Wismut, Zinn. E. V. Britzke,
 A. F. Kapustinsky, 194, 323.
 — v. 2-Tantal-5-oxyd-Hydraten. G. F. Hüttig, A. König, 193, 100.
 — v. Zinn-2-oxyd-Hydraten. P. A. Thiessen, O. Koerner, 195, 83.
 — v. Zirkon- u. Hafniumsulfat. G. v. Hevesy, E. Cremer, 195, 339.
- Debyeogramm** s. Röntgenogramm.
- Dichte** v. Aluminium-3-chlorid. W. E. Laschkarew, 193, 270.
 — v. Jod-7-fluorid. O. Ruff, R. Keim, 193, 176.
 — d. Silber-Barium- u. Silber-Strontiumverbb. F. Weibke, 193, 297.
 — v. Silbersulfid. O. Hönigschmid, R. Sachtleben, 195, 207.
 — v. Stickstoff-2-oxyd-lsgg. i. abs. u. wäßriger HNO_3 . A. Klemenc,
 J. Rupp, 194, 51.
 — v. Stickstoffoxyden, O_2 u. KCl b. tiefen Tempp. W. Biltz, W. Fischer,
 E. Wünnenberg, 193, 351.

- Dichtemaximum** v. wäBr. Lsgg. i. Bez. z. Binnendruck. G. Tammann, A. Rohmann, 194, 273.
- Diffusion** v. Eisen-3-*per*-chlorat; Abhäng. v. d. H-Konz. G. Jander, A. Winkel, 193, 1.
- Diffusionskoeffizient** v. Eisen-3-*per*-chlorat; Anwdg. z. Molekulargewichtsbest. G. Jander, A. Winkel, 193, 1.
- v. Molybdat- u. *Poly*-Molybdatationen. G. Jander, K. F. Jahr, W. Heukeshoven, 194, 383.
- Dissociation, elektrolytische**, v. Platinamminen (Pt^{IV}) als Säuren u. Basen. A. A. Grünberg, G. P. Faermann, 193, 193.
- Dissociation, thermische**, b. hoher Temp. R. D. Kleeman, 195, 164.
- v. met. Verbb.; Einfl. a. d. Isothermen d. el. Leitverm. G. Grube, J. Hille, 194, 179.
- Dissociationsdruck** v. Zirkon- u. Hafniumsulfat. G. v. Hevesy, E. Cremer, 195, 339.
- s. auch Dampfdruck.
- Druck, innerer**, v. wäBr. Lsgg., Bez. z. Dichtemax. u. z. Oberflächenspanng. G. Tammann, A. Rohmann, 194, 273.

E.

- Edelgase**. Temp.-Koeff. ihrer Lösl. i. versch. Flüssigkeiten. G. Tammann, 194, 159.
- Eisen**. Gleichgew., het. d. Rk.: $\text{Fe} + \text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons \text{FeS} + \text{H}_2$. E. V. Britzke, A. F. Kapustinsky, 194, 323.
- Legg., bin., m. Kohlenstoff; Härte, Leitverm. P. Saldau, 194, 1.
- Legg., tern., m. Phosphor u. Silicium; Erstarrungsdiagramm, Kleingef. W. Hummitzsch, F. Sauerwald, 194, 113.
- Eisenaktivität**. Best. durch die Benzidintrk. A. Simon, Th. Reetz, 194, 89.
- Eisen-2-Ammonium-2-sulfat-6-Hydrat** (Fe^{II}). O. Aschan, 194, 139.
- Eisen-2-Hydro-2-carbonat**. Einw. a. Benzidin- H_2O_2 -lsgg. A. Simon, Th. Reetz, 194, 89.
- Eisen-3-*per*-chlorat**. Diffusion u. Absorption i. Lsgg., Hydrolyse; bas. Salze. G. Jander, A. Winkel, 193, 1.
- Eisen-3-*per*-chlorat-9-Hydrat**. Darst. G. Jander, A. Winkel, 193, 1.
- Eisen-*oxy*-*per*-chlorat**. Natur d. b. Hydrolyse v. $\text{Fe}(\text{ClO}_4)_3$ entstehenden Stoffe. G. Jander, A. Winkel, 193, 1.
- Eisenferrite** (Fe^{II}). Darst. a. *ortho*- u. *meta*-Eisen-3-hydroxyd u. Eisen-2-hydroxyd. A. Krause, J. Tulecki, 195, 228.
- Meta-Eisen-3-hydroxyd**. Verbb. m. Eisen-2-hydroxyd; Eisenferrite (Fe^{II}). A. Krause, J. Tulecki, 195, 228.
- Ortho-Eisen-3-hydroxyd**. Verbb. m. Eisen-2-hydroxyd; Eisenferrite (Fe^{II}). A. Krause, J. Tulecki, 195, 228.
- Eisen-3-hydroxydgel**. Struktur u. Alterung. G. Jander, A. Winkel, 193, 1.
- Eisenionen** (Fe^{II}). Ursache d. Aktivität v. Mineralwässern gegen H_2O_2 u. Benzidin. A. Simon, Th. Reetz, 194, 89.
- Eisen-2-Kalium-2-sulfat-6-Hydrat** (Fe^{II}). O. Aschan, 194, 139.
- Eisen-2-Natrium-5-cyanid** (Fe^{III}). Einw. a. Benzidin- H_2O_2 -lsgg. A. Simon, Th. Reetz, 194, 89.
- Eisen-3-Natrium-5-cyanid** (Fe^{II}). Einw. a. Benzidin- H_2O_2 -lsgg. A. Simon, Th. Reetz, 194, 89.
- Eisen-2-Natrium-2-sulfat-6-Hydrat** (Fe^{II}). O. Aschan, 194, 139.
- Eisenoxyd-Hydrat** (Fe^{II} , Fe^{III}) wechselnder Zusammensetzung (Ferroferrit-Hydrat); Darst. a. *ortho*- u. *meta*-Eisen-3-hydroxyd. A. Krause, J. Tulecki, 195, 228.
- 3-Eisen-4-oxyd-Hydrat** (Fe^{II} , Fe^{III}). Verss. z. synthet. Darst. A. Krause, J. Tulecki, 195, 228.
- 2-Eisen-1-phosphid**. Legg., bin., m. FeSi u. Legg., tern. m. Fe u. FeSi ; Erstarrungsdiagramm, Kleingef. W. Hummitzsch, F. Sauerwald, 194, 113.

- 3-Eisen-1-phosphid.** Abscheidung i. Syst. Fe-Fe₂P-FeSi. W. Hummitzsch, F. Sauerwald, 194, 113.
- Eisen-1-silicid.** Legg., bin., m. Fe₂P u. Legg., tern., m. Fe u. Fe₂P; Erstarrungsdiagramm, Kleingef. W. Hummitzsch, F. Sauerwald, 194, 113.
- Eisen-1-sulfid.** Dampfdruck, Bldgs.-wärme, Freie Bldgs.-energie; Gleichgew., het., d. Rk.: $\text{FeS} + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{Fe} + \text{H}_2\text{S}$. E. V. Britzke, A. F. Kapustinsky, 194, 323.
- Elektrolyse v. Vanadinverbb.;** Red. zu VII-salzen. J. Meyer, M. Aulich, 194, 278.
- Elektrolyte.** Einfl. a. d. Sol-Gelumwandlg. v. Seifen. S. N. Banerji, S. Ghosh, 194, 305.
- Elektromotorische Kraft** s. Potential, galvanisches.
- Elektron.** Verh. geg. Strahlung. R. D. Kleeman, 195, 164.
- Eigenschaften i. Bez. z. Bldgs.-wärme v. Verbb. R. D. Kleeman, 193, 106.
- Elemente, chemische.** Bezz. ihrer Atomräume i. freier u. gebundener Form. W. Biltz, 193, 321.
- Emissionsspektrum v. Kalium u. Natrium;** Anwdg. z. Best. d. Elemente a. d. Intensitätsverh. d. Linien. H. Lucas, 195, 321.
- s. Spektralanalyse.
- Energie, freie, d. Bldg. v. Sulfiden v. Fe, Cd, Sb, Bi, Sn.** E. V. Britzke, A. F. Kapustinsky, 194, 323.
- Energie, innere, Übertragung zw. Molekeln.** R. D. Kleeman, 195, 164.
- Epidot.** Analysen, insbesondere Wassergehalt. E. Dittler, H. Hueber, 195, 41.
- Erdalkalimetalle.** Atomräume i. versch. Verbb. W. Biltz, 193, 321.
- Erhitzungslinien v. Glassätzen u. ihren Komponentengemischen.** G. Tammann, W. Oelsen, 193, 245.
- Erstarrungsflächen d. Schmelzen i. Syst. Fe-Fe₂P-FeSi.** W. Hummitzsch, F. Sauerwald, 194, 113.
- Erstarrungslinien d. Silber-Barium- u. Silber-Strontiumschmelzen.** F. Weibke, 193, 297.
- Eruptivgesteine.** Gehalt an Elementen d. Vanadingruppe. G. v. Hevesy, E. Alexander, K. Würstlin, 194, 316.
- Eutektische Gemische v. bin. Legg.;** Härte, Fließdruck, el. Leitverm. P. Saldau, 194, 1.
- Eutektischer Punkt v. bin. Legg.;** Änderung d. phys. Eigensch. i. — —. P. Saldau, 194, 1.
- Eutektoide Gemische v. bin. Legg.;** Härte, Fließdruck, el. Leitverm. P. Saldau, 194, 1.

F.

- Feste Stoffe.** Rkk. zwischen Mischkristallen u. Oxyden. J. A. Hedvall, W. Andersson, 193, 29.
- Ferrite v. Fe^{II};** Darst. a. Fe(OH)₂ u. *meta-* od. *ortho*-Eisen-3-hydroxyd. A. Krause, J. Tulecki, 195, 228.
- Fließdruck d. bin. Legg. v. Sn m. Pb od. Zn, Sb. m. Pb.** P. Saldau, 194, 1.
- Fließgrenze v. Glas.** J. Sawai, M. Nishida, 193, 133.
- Fluor.** Einw. a. JF₅. O. Ruff, R. Keim, 193, 176.
- 2-Fluor-1-oxyd.** Darst., Bldgs.-wärme, Lichtabsorption, chem. Verh. H. v. Wartenberg, G. Klinkott, 193, 409.
- Formaldehyd.** Rk.-kinetik d. Umwandlg. i. Formiat i. Ggw. v. Katalysatoren. G. Birstein, N. Lobanow, 195, 173.
- Formiat.** Rk.-kinetik d. Bldg. aus Formaldehyd i. Ggw. v. Katalysatoren. G. Birstein, N. Lobanow, 195, 173.
- Fraktionierte Fällung.** O. Ruff, 195, 60.

G.

- Geraninsäure.** Hydratation d. Molekeln u. d. Sols; osmot. Druck u. Zähigkeit d. Lsgg. S. Liepatoff, L. Korobowa, 194, 369.
- Synärese d. Sols. S. Liepatoff, L. Korobowa, 194, 369.

- Glas.** Längenänderung v. Glasfäden b. hoher Temp. J. Sawai, M. Nishida, 193, 133.
- Molekularkinetik i. Erweichungsgebiet. G. Tammann, 193, 406.
- Glasgalle.** Bldg. durch Entmischung v. Na_2SiO_3 - Na_2SO_4 -schmelzen. G. Tammann, W. Oelsen, 193, 245.
- Glassätze.** Rkk. b. Zusammenschmelzen d. Bestandteile, best. a. Erhitzungslinien. G. Tammann, W. Oelsen, 193, 245.
- Gelatine.** Hysteresis d. Sol-Gelumwandlg. S. N. Banerji, S. Ghosh, 194, 305.
- Gleichgewicht, heterogenes,** d. Erstarrung i. Syst. $\text{Fe-Fe}_2\text{P-FeSi}$. W. Hummeltzsch, F. Sauerwald, 194, 113.
- d. Lösl. i. Syst. MnSO_4 - R_2SO_4 - H_2O ($\text{R} = \text{Ti, Rb, NH}_4$). A. Benrath, 195, 247.
- d. Rkk.: $\text{Ca}_2\text{SnO}_4 + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{CaSnO}_2 + \text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$ u. $\text{Ca}_2\text{SnO}_4 + \text{CO} \rightleftharpoons \text{CaSnO}_2 + \text{CaO} + \text{CO}_2$ sowie d. Red. v. SnO_2 . S. Tamaru, N. Andô, 195, 309.
- d. Rkk.: $\text{MeS} + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{Me} + \text{H}_2\text{S}$ u. $\text{MeS} \rightleftharpoons \text{Me} + \text{S}$. E. V. Britzke, A. F. Kapustinsky, 194, 323.
- d. Schmelzens v. Silber-Barium- u. Silber-Strontiumlegg. F. Weibke, 193, 297.
- i. Syst.: $[\text{CO}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_2\text{-HBr}$. A. Benrath, H. Pitzler, 194, 358.
- i. Syst. $\text{Na}_2\text{O-SiO}_2\text{-SO}_3$. G. Tammann, W. Oelsen, 193, 245.
- i. Syst. $\text{Na}_2\text{S-Na}_2\text{SO}_4$. G. Tammann, W. Oelsen, 193, 245.
- d. Umwandlg. v. met. Mischkristst. i. Verbb.; Änderung d. el. Leitverm. G. Grube, J. Hille, 194, 179.
- d. Umwandlg. v. Mg-Cd-mischkristst. i. Verbb. G. Grube, E. Schiedt, 194, 190.
- Gleichgewicht, homogenes,** i. Eisen-3-per-chloratlsgg. G. Jander, A. Winkel, 193, 1.
- v. Platinamminen (Pt^{IV}) als Säuren u. Basen. A. A. Grünberg, G. P. Faermann, 193, 193.
- d. Rk.: $\text{NO}_3' + \text{H}' + 2 \text{NO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 3 \text{HNO}_2$. H. Bode, 195, 195.
- d. Zerfalls v. COCl_2 nach $\text{COCl}_2 \rightleftharpoons \text{CO} + \text{Cl}_2$ u. $2 \text{COCl}_2 \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{CCl}_4$; Verss. z. Nachw. d. zweiten Rk. A. Stock, W. Wustrow, H. Lux, H. Ramser, 195, 140.
- Gleichräumigkeit** v. Verbb. W. Biltz, 193, 321.
- Glimmer.** Analysen, insbesondere Wassergehalt. E. Dittler, H. Hueber, 195, 41.
- Glycerin.** Kristallisationsgeschw. u. Kernzahl. G. Tammann, E. Jenckel, 193, 76.
- Gold.** Legg., bin., m. Cadmium; Härte, el. Leitverm. P. Saldau, 194, 1.
- Legg., bin., m. Zink; Härte, el. Leitverm. P. Saldau, 194, 1.
- Schrumpfung v. Blattgold i. versch. Atmosphären. J. Sawai, Y. Ueda, M. Nishida, 193, 119.

H.

- Hämoglobin.** Einw. a. Benzidin- H_2O_2 -lsgg. A. Simon, Th. Reetz, 194, 89.
- Härte** d. bin. Legg. v. Bi, Cd, Pb, Sn, Zn b. versch. Tempp. W. Schischokin, W. Agejewa, 193, 237.
- d. bin. Legg. v. Sn m. Pb od. Zn; Sb m. Pb, Au m. Zn od. Cd u. Fe m. C. P. Saldau, 194, 1.
- Häufigkeit** d. Elemente d. Vanadiumgruppe i. Eruptivgesteinen. G. v. Hevesy, E. Alexander, K. Würstlin, 194, 316.
- Häutchen** a. Lsgg. v. krist. u. nichtkrist. Stoffen; Struktur. G. Tammann, H. Elsner von Gronow, 194, 268.
- Hafnium-2-sulfat.** Dampfdruck, therm. Zerfall. G. v. Hevesy, E. Cremer, 195, 339.
- Helium.** Temp.-Koeff. d. Lösl. i. versch. Flüssigkeiten. G. Tammann, 194, 159.
- Hessit.** Aufschluß; Unters. auf stab. Poloniumisotop. G. v. Hevesy, A. Guenther, 194, 162.
- Hochfrequenzfunken** z. Erzeugung v. Emissionsspektren f. mikroanalyt. Best. v. Hg u. anderen Mett. W. Gerlach, E. Schweitzer, 195, 255.
- Hydratation** v. Geraninsäure. S. Liepatoff, L. Korobowa, 194, 369.

- Hydratation** hyophiler Kolloide; Bezz. z. Synärese. S. Liepatoff, L. Korobowa, 194, 369.
- Hydrazinhydrat.** Einw. a. *Per*-Rhenat. F. Krauss, H. Steinfeld, 193, 385.
- Hydrogel** v. 2-Tantal-5-oxyd. Dampfdruck; isobarer Abbau. G. F. Hüttig, A. König, 193, 100.
- v. 2-Vanadin-5-oxyd. G. F. Hüttig, A. König, 193, 81.
- Hydrolyse** v. Eisen-3-*per*-chloratlsgg. G. Jander, A. Winkel, 193, 1.
- Hydro-*per*-oxyd.** Best., maßanalyt., neben H_2SO_5 u. $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_8$. K. Gleu, 195, 61.
- Hydrosol** v. Geraninsäure; Synärese. S. Liepatoff, L. Korobowa, 194, 369.
- v. Seifen; Hysteresis d. Sol-Gel-Umwandlung. S. N. Banerji, S. Ghosh, 194, 305.
- Hysteresis** d. Sol-Gelumwandlung v. Natriumpalmitat u. -stearat. S. N. Banerji, S. Ghosh, 194, 305.

I, J.

- Jod-5-fluorid.** Verh. geg. Fluor. O. Ruff, R. Keim, 193, 176.
- Jod-7-fluorid.** Darst., D., Smp., Kp., Dampfdruck usw. Chem. Verh. O. Ruff, R. Keim, 193, 176.
- Jodid.** Best., maßanalyt.-potentiometr., neben Bromid u. Chlorid. F. L. Hahn, 195, 75.
- Jodion.** Best. neben Chlor- u. Bromion m. Jodat. H. Ditz, 194, 147.
- Ionenbeweglichkeit** v. RhO_4' . N. A. Puschin, P. S. Tutundžić, 193, 420.
- Ionisationspotential** u. Strahlung. R. D. Kleeman, 195, 164.
- Isomorphie** v. Magnesium u. Cadmium. G. Grube, E. Schiedt, 194, 190.
- Isothermen** d. el. Leitverm. metallischer Mischkristalle; Bedeutung d. Spitzen. G. Grube, J. Hille, 194, 179.
- d. Entwässerung v. Zinnsäuren. P. A. Thiessen, O. Koerner, 195, 83.
- Isotope** v. Brom; Verss. z. Trenng. durch Verdampfg. v. festem Brom. P. Harteck, H. Striebel, 194, 299.
- v. Polonium (RaF); Versuche z. Auffindung i. Te u. Bi-mineralen. G. v. Hevesy, A. Guenther, 194, 162.

K.

- Kalium.** Best. neb. Natrium durch Emissionsspektralanalyse. H. Lucas, 195, 321.
- Kaliumcarbonat.** Rkk. m. SiO_2 u. Pb_3O_4 b. Erhitzen. G. Tammann, W. Oelsen, 193, 245.
- Kaliumchlorid.** D. b. tiefen Tempp. W. Biltz, W. Fischer, E. Wünnenberg, 193, 351.
- Einfl. a. d. Umsetzg. v. BaO m. CuCl i. festem Zustand. J. A. Hedvall, W. Andersson, 193, 29.
- Kaliumdekylat.** Struktur dünner Häutchen aus —. G. Tammann, H. Elsner von Gronow, 194, 268.
- Kalium-3-Hydro-4-fluorid.** Dampfdruck; Elektrolyse z. Fluordarst. H. v. Wartenberg, G. Klinkott, 193, 409.
- Kalium-*per*-rhenat.** Leitverm., el., d. Lsg., Temp.-Koeff. N. A. Puschin, P. S. Tutundžić, 193, 420.
- Reduktion durch Zn, Na-amalgam, Hydrazin. F. Krauss, H. Steinfeld, 193, 385.
- Kalium-*per*-sulfat.** Einw. d. Lsg. a. Metalle; Bldg. v. Doppelsulfaten. O. Aschan, 194, 139.
- Kalium-3thionat.** Darst. a. $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_3$ u. SO_2 . A. Kurtenacker, K. Matejka, 193, 367.
- Kalium-4thionat.** Darst. a. $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_3$ u. SO_2 . A. Kurtenacker, K. Matejka, 193, 367.
- Kaliumthiosulfat.** Verh. geg. Schwefligsäure. A. Kurtenacker, K. Matejka, 193, 367.
- Kaltbearbeitung.** Bez. z. Rekristallisation; Theorie. J. A. M. van Liempt, 195, 366.

- Katalyse d. Formiatbldg. a. Formaldehyd durch Cu u. CuO.** G. Birstein, N. Lobanow, 195, 173.
- d. Oxydation v. Benzidin m. H_2O_2 durch Fe^{++} . A. Simon, Th. Reetz, 194, 89.
- d. Stannatbldg. aus SnO_2 u. CaO durch H_2 od. CO. S. Tamaru, N. Andô, 195, 309.
- d. Wasserbldg. a. Knallgas durch Mett. u. Oxyde; Einfl. d. Katalysatormenge. C. Kröger, 194, 73.
- Kernzahl v. Glycerin.** G. Tammann, E. Jenckel, 193, 76.
- Kieselsäure** s. auch Silicium-2-oxyd.
- Kleingefüge d. tern. Eisen-Phosphor-Siliciumlegg.** W. Hummitzsch F. Sauerwald, 194, 113.
- Knallgas.** Katalyse durch Ag, Sb, Ni, Cu, NiO usw. Einfl. d. Katalysatormenge. C. Kröger, 194, 73.
- Kobaltammine (Co^{III}).** 3-Ammoniak-3-Nitrato-Kobalt; Lösl. i. NH_3 -lsgg. A. Benrath, H. Pitzler, 194, 358.
- 4-Ammoniak-2-Aquo-Kobalt-3-nitrat; Lösl. i. NH_3 -lsgg. A. Benrath, H. Pitzler, 194, 358.
- 4-Ammoniak-1-Aquo-1-Nitrato-Kobalt-2-nitrat; Lösl. i. NH_3 -lsgg. A. Benrath, H. Pitzler, 194, 358.
- 5-Ammoniak-1-Aquo-Kobalt-3-nitrat; Lösl. i. NH_3 -lsgg. A. Benrath, H. Pitzler, 194, 358.
- 5-Ammoniak-1-Chloro-Kobalt-2-bromid; Lösl. i. Ggw. v. Cl' u. Br' . A. Benrath, H. Pitzler, 194, 358.
- 5-Ammoniak-1-Chloro-Kobalt-2-chlorid; Lösl. i. Ggw. v. Cl' u. Br' . A. Benrath, H. Pitzler, 194, 358.
- 5-Ammoniak-1-Nitrato-Kobalt-2-nitrat; Lösl. i. NH_3 -lsgg. A. Benrath, H. Pitzler, 194, 358.
- 6-Ammoniak-Kobalt-3-nitrat. Lösl. i. NH_3 -lsgg.; Bldgs.- u. Stabilitätsverhältnisse. A. Benrath, H. Pitzler, 194, 358.
- Kobalt-2-Ammonium-2-sulfat-6-Hydrat.** O. Aschan, 194, 139.
- Kobalt-2-Kalium-2-sulfat-6-Hydrat.** O. Aschan, 194, 139.
- Kobalt-2-Natrium-2-sulfat-6-Hydrat.** O. Aschan, 194, 139.
- Kobalt-1-oxyd.** Bldgs.-wärme. W. A. Roth, H. Havekoss, 195, 239.
- Kohle.** Einfl. a. d. Rk. zw. Silicium-2-oxyd u. Chlor. E. Gruner, J. Elöd, 195, 269.
- Kohle, aktive.** Best. v. H_2 u. O_2 durch Verbrennung. A. Stock, H. Lux, J. W. R. Rayner, 195, 158.
- Kohlen-1-oxyl-2-chlorid.** Analyse d. Zersetzungsprodd. CO, CO_2 , Cl, HCl, CCl_4 . A. Stock, W. Wustrow, 195, 129.
- Zerf. b. Erhitzen m. Katalysatoren; Verss. z. Darst. a. CO_2 u. CCl_4 . A. Stock, W. Wustrow, H. Lux, H. Ramser, 195, 140.
- Kohlen-1-oxyd.** Best. i. Ggw. v. $COCl_2$, Cl, CO_2 , CCl_4 , HCl. A. Stock, W. Wustrow, 195, 129.
- Bldg. b. Zerfall v. $COCl_2$. A. Stock, W. Wustrow, H. Lux, H. Ramser, 195, 140.
- Katalysator d. Stannatbldg. a. SnO_2 u. CaO; Gleichgew. d. Rk.: $Ca_2SnO_4 + CO \rightleftharpoons CaSnO_2 + CaO + CO_2$. S. Tamaru, N. Andô, 195, 309.
- Kohlen-2-oxyd.** Anwdg. d. festen — für einen automat. Kryostaten. A. J. Schattenstein, 193, 187.
- Best. i. Ggw. v. $COCl_2$, CO, Cl, CCl_4 , HCl. A. Stock, W. Wustrow, 195, 129.
- Einfl. a. d. Schrumpfung b. Blattmetallen. J. Sawai, Y. Ueda, M. Nishida, 193, 119.
- Einw. a. Calciumphosphate unter Druck. E. Müller, J. Knöfel, 194, 258.
- Einw. a. Calcium-, Strontium-, Bariumsilicat unter Druck. E. Müller, W. Lubberger, 194, 261.
- Rk. m. CCl_4 ; Gleichgew., hom., d. Rk. $CO_2 + CCl_4 \rightleftharpoons 2 COCl_2$. A. Stock, W. Wustrow, H. Lux, H. Ramser, 195, 140.
- s. auch Kohlensäure.
- Kohlensäure.** Einw. a. Calciumphosphate unter Druck. E. Müller, J. Knöfel, 194, 258.

- Kohlensäure**, Einw. a. Calcium-, Strontium-, Bariumsilicat unter Druck. E. Müller, W. Lubberger, 194, 261.
 — s. auch Kohlen-2-oxyd.
- Kohlenstoff**. Einfl. a. d. Rkk. $\text{COCl}_2 \rightleftharpoons \text{CO} + \text{Cl}_2$ u. $2 \text{COCl}_2 \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{CCl}_4$. A. Stock, W. Wustrow, H. Lux, H. Ramser, 195, 140.
 — Einw. a. Na_2SO_4 im Glassatz. G. Tammann, W. Oelsen, 193, 245.
 — Legg., bin., m. Eisen; Härte, Leitverm. P. Saldau, 194, 1.
 — Rk. m. Cl_2 ; Bldg. v. CCl_4 . A. Stock, H. Lux, W. Wustrow, 195, 149.
- Kohlenstoff-4-chlorid**. Best. i. Ggw. v. COCl_2 , CO , Cl , CO_2 , HCl . A. Stock, W. Wustrow, 195, 129.
 — Bldg. a. d. Elementen. A. Stock, H. Lux, W. Wustrow, 195, 149.
 — Rk. m. CO_2 ; Gleichgew., hom., d. Rk. $\text{CO}_2 + \text{CCl}_4 \rightleftharpoons 2 \text{COCl}_2$. A. Stock, W. Wustrow, H. Lux, H. Ramser, 195, 140.
- Kolloide**. Hysteresis d. Sol-Gel-Umwandlung. S. N. Banerji, S. Ghosh, 194, 305.
- Kolloide, lyophile**. Hydratation u. Dehydratation v. Geraninsäure. S. Liepatoff, L. Korobowa, 194, 369.
 — Synärese; Theorie. — Stabilität. S. Liepatoff, L. Korobowa, 194, 369.
- Kolloidlösung** v. Geraninsäure; Zähigk. u. Hydratation. S. Liepatoff, L. Korobowa, 194, 369.
- Komplexverbindungen** v. Wolframsäure m. As_2O_3 , Sb_2O_3 , P_2O_3 . A. Rosenheim, A. Wolff, 193, 64.
- Kondensation, fraktionierte**. Anwdg. z. Analyse v. Gasgemischen. A. Stock, W. Wustrow, 195, 129.
- Konstitution d. Borate u. Poly-Borate**. F. L. Hahn, 193, 316.
 — v. Borhydriden. E. Wiberg, 195, 288.
 — v. *Para-* u. *Meta*-Wolframaten. A. Rosenheim, A. Wolff, 193, 47.
- Kornvergrößerung**. Theorie. J. A. M. van Liempt, 195, 366.
- Kristallgitter** v. Aluminium-3-chlorid. W. E. Laschkarew, 193, 270.
 — Bez. z. Löslichkeit. O. Ruff, 195, 60.
 — d. Magnesium-Cadmiumverbb. u. ihrer Mischkristst. U. Dehlinger, 194, 223.
 — v. Magnesium-Cadmiumverbb.; Umwandlungen. G. Grube, E. Schiedt, 194, 190.
- Kristallgitterkonstanten** v. Thorium u. Thoriumoxyd. W. G. Burgess, J. A. M. von Liempt, 193, 144.
- Kristallisationsgeschwindigkeit** v. Glycerin. G. Tammann, E. Jenckel, 193, 76.
- Kryostat, automatischer**, m. festem CO_2 . A. J. Schattenstein, 193, 187.
- Kupfer**. Katalysator d. Formiatbldg. a. Formaldehyd. G. Birstein, N. Lobanow, 195, 173.
 — Katalysator d. Wasserbldg. a. Knallgas. C. Kröger, 194, 73.
 — wahre spez. Wärme b. hohen Tempp. H. Seekamp, 195, 345.
- Kupfer-2-Ammonium-2-sulfat-6-Hydrat**. O. Aschan, 194, 139.
- Kupfer-1-Barium-1-pyro-arsenat** (Cu^{II}). A. Rosenheim, 193, 73.
- 2-Kupfer-1-Barium-2-ortho-phosphat**. A. Rosenheim, 193, 73.
- Kupfer-1-chlorid**. Rk. i. festem Zustand m. BaO unter Zusatz v. NaCl , KCl , RbCl , CsCl . J. A. Hedvall, W. Andersson, 193, 29.
- Kupfer-2-Kalium-2-sulfat-6-Hydrat**. O. Aschan, 194, 139.
- Kupfer-2-Natrium-2-sulfat-6-Hydrat**. O. Aschan, 194, 139.
- Kupfer-1-oxyd**. Katalysator d. Formiatbldg. a. Formaldehyd. G. Birstein, N. Lobanow, 195, 173.
 — Katalysator d. Wasserbldg. a. Knallgas. C. Kröger, 194, 73.

L.

- Legierungen, binäre**, v. Beryllium m. Quecksilber; Darst., Pott. geg. Be-lsgg. M. Prytz, 193, 113.
 — v. Cadmium m. Pb od. Zn; Wismut m. Sn, Cd, Zinn m. Cd, Pb, Zn; Härte b. versch. Tempp. W. Schischökin, W. Agejew, 193, 237.
 — v. 2-Eisen-1-phosphid m. Eisen-1-silicid; Erstarrungsdiagramm, Kleingef. W. Hummitzsch, F. Sauerwald, 194, 113.

- Legierungen, binäre**, Härte, Fließdruck, Leitvermögen d. eutektischen u. eutektoiden Gemische. P. Saldau, 194, 1.
- v. Magnesium u. Cadmium; Leitverm., el., Ausdehnung, Zustandsdiagramm. G. Grube, E. Schiedt, 194, 190.
 - v. Magnesium m. Cadmium; röntgenograph. Untersuchung. U. Dehlinger, 194, 223.
 - m. Mischkristst.; Verlauf d. Leitvermögensisothermen b. Bldg. v. Verbb. G. Grube, J. Hille, 194, 179.
 - v. Silber m. Barium od. Strontium; Schmelzdiagramm, D. F. Weibke, 193, 297.
 - v. Zinn m. Pb od. Zn, Antimon m. Pb, Gold m. Cd od. Zn u. Fe m. C; Härte, Fließdruck, el. Leitverm. P. Saldau, 194, 1.
- Legierungen, ternäre**, v. Eisen, Phosphor, Silicium; Erstarrungsdiagramm, Kleingef. W. Hummitzsch, F. Sauerwald, 194, 113.
- Leitvermögen, elektrisches**, v. bin. Legg. (Mischkristst.), die sich i. Verbb. umwandeln. G. Grube, J. Hille, 194, 179.
- d. bin. Legg. v. Sn m. Pb od. Zn, Sb m. Pb, Au m. Cd od. Zn u. Fe m. C. P. Saldau, 194, 1.
 - v. Geraninsäuresolen. S. Liepatoff, L. Korobowa, 194, 369.
 - v. Kalium-*per*-rhenatlsgg. N. A. Puschin, P. S. Tutundzić, 193, 420.
 - v. Magnesium. G. Grube, E. Schiedt, 194, 190.
 - v. Magnesium-Cadmiumlegg.; Anwdg. z. Aufstellung d. Zustandsdiagramms. G. Grube, E. Schiedt, 194, 190.
 - v. Molybdat- u. *Poly*-Molybdatlsgg. G. Jander, K. F. Jahr, W. Heukeshoven, 194, 383.
 - v. Natrium-*para*-wolframat. A. Rosenheim, A. Wolff, 193, 47.
 - v. Samarium-2-jodidlsgg. G. Jantsch, N. Skalla, 193, 391.
- Lichtabsorption** v. Eisen-3-*per*-chloratlsgg. G. Jander, A. Winkel, 193, 1.
- v. 2-Fluor-1-oxyd. H. v. Wartenberg, G. Klinkott, 193, 409.
 - v. Molybdat- u. *Poly*-Molybdatlsgg. G. Jander, K. F. Jahr, W. Heukeshoven, 194, 383.
- Löslichkeit** v. Calciumphosphaten in Kohlensäurelsgg. E. Müller, J. Knöfel, 194, 258.
- v. Calcium-, Strontium-, Bariumsilicat in Kohlensäurelsgg. unter Druck. E. Müller, W. Lubberger, 194, 261.
 - v. Edelgasen i. Flüssigkeiten; Temp.-koeff. G. Tammann, 194, 159.
 - v. Kobaltamminen (Co^{III}). A. Benrath, H. Pitzler, 194, 358.
 - v. Natrium-*para*-wolframat u. Ammonium-*para*-wolframat. A. Rosenheim, A. Wolff, 193, 47.
 - v. Selenaten u. Doppelselenaten d. Neodyms. J. Meyer, Ch. Kittelmann, 195, 121.
 - v. Stickstoff-2-oxyd i. HNO₃. A. Klemenc, J. Rupp, 194, 51.
 - v. 2-Vanadin-5-oxyd i. Schwefelsäure. J. Meyer, M. Aulich, 194, 278.
- Löslichkeitsgleichgewicht** d. Systst.: MnSO₄-R₂SO₄-H₂O (R = Tl, Rb, NH₄). A. Benrath, 195, 247.
- Lösungen, wäßrige**, v. Alkoholen; Dichtemax. u. Binnendruck. G. Tammann, A. Rohmann, 194, 273.
- Luft**, Einfl. a. d. Schrumpfung v. Blattmetallen. J. Sawai, Y. Ueda, M. Nishida, 193, 119.

M.

- Magnesium**. Legg., bin., m. Cadmium; Leitverm., el., Ausdehnung, Zustandsdiagramm. G. Grube, E. Schiedt, 194, 190.
- Legg., bin., m. Cadmium; röntgenograph. Untersuchung. U. Dehlinger, 194, 223.
 - wahre spez. Wärme b. hohen Tempp. H. Seekamp, 195, 345.
- Magnesium-2-Ammonium-2-sulfat-6-Hydrat**. O. Aschan, 194, 139.
- Magnesium-1-Cadmium**. Bldg. a. Mg-Cd-mischkristst., Leitverm., el., Ausdehnung, Uwp. G. Grube, E. Schiedt, 194, 190.

- Magnesium-3-Cadmium.** Bldg. a. Mg-Cd-mischkristst., Leitverm., el., Ausdehnung, Uwp. G. Grube, E. Schiedt, 194, 190.
 — Kristallgitter. U. Dehlinger, 194, 223.
- 3-Magnesium-1-Cadmium.** Bldg. a. Mg-Cd-mischkristst., Leitverm., el., Ausdehnung, Uwp. G. Grube, E. Schiedt, 194, 190.
 — Kristallgitter. U. Dehlinger, 194, 223.
- Magnesiumchlorid.** Umsetzung m. CaCO_3 unter Druck unter Bldg. v. Mg(OH)_2 . E. Sauer, J. Huter, 195, 241.
- Magnesium-2-Kalium-2-sulfat-6-Hydrat.** O. Aschan, 194, 139.
- Magnesium-2-Natrium-2-sulfat-6-Hydrat.** O. Aschan, 194, 139.
- Magnesiumsulfat.** Umsetzg. m. CaCO_3 unter Druck. E. Sauer, J. Huter, 195, 241.
- 2-Mangan-2-Ammonium-3-sulfat.** Lösl.-gleichgew. i. Syst. $\text{MnSO}_4\text{-(NH}_4)_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}$. A. Benrath, 195, 247.
- Mangan-2-Ammonium-2-sulfat-6-Hydrat.** O. Aschan, 194, 139.
- Mangan-2-Ammonium-2-sulfat-6-Hydrat.** Lösl.-gleichgew. i. Syst. $\text{MnSO}_4\text{-(NH}_4)_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}$. A. Benrath, 195, 247.
- Mangan-2-Kalium-2-sulfat-6-Hydrat.** O. Aschan, 194, 139.
- Mangan-2-Natrium-2-sulfat-6-Hydrat.** O. Aschan, 194, 139.
- 2-Mangan-2-Rubidium-3-sulfat.** Lösl.-gleichgew. i. Syst. $\text{MnSO}_4\text{-Rb}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}$. A. Benrath, 195, 247.
- Mangan-2-Rubidium-2-sulfat-6-Hydrat.** Lösl.-gleichgew. i. Syst.: $\text{MnSO}_4\text{-Rb}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}$. A. Benrath, 195, 247.
- Mangansulfat.** Lösl.-gleichgew. i. Syst.: $\text{MnSO}_4\text{-R}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}$ ($\text{R} = \text{Tl, Rb, NH}_4$). A. Benrath, 195, 247.
- Mangansulfat-1-Hydrat.** Lösl. i. Syst. $\text{MnSO}_4\text{-R}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}$ ($\text{R} = \text{Tl, Rb, NH}_4$). A. Benrath, 195, 247.
- Mangansulfat-5-Hydrat.** Lösl.-gleichgew. i. Syst.: $\text{MnSO}_4\text{-R}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}$ ($\text{R} = \text{Tl, Rb, NH}_4$). A. Benrath, 195, 247.
- Mangansulfat-7-Hydrat.** Lösl.-gleichgew. i. Syst.: $\text{MnSO}_4\text{-R}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}$ ($\text{R} = \text{Tl, Rb, NH}_4$). A. Benrath, 195, 247.
- Mangansulfid.** Übergang d. rosa Form in die orange u. die grüne Form i. Ggw. v. NH_4SH , NH_4OH od. $(\text{NH}_4)_2\text{S}$; Kinetik u. Mechanismus d. Rk. G. Landesén, M. Reistal, 193, 277.
- Mangan-2-Hydro-2-sulfid.** Zwischenprod. b. Herst. v. Mangansulfid u. b. Übergang d. rosa i. d. grüne Form. G. Landesén, M. Reistal, 193, 277.
- 2-Mangan-2-Thallium-3-sulfat.** Lösl.-gleichgew. i. Syst.: $\text{MnSO}_4\text{-Tl}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}$. A. Benrath, 195, 247.
- Mangan-2-Thallium-2-sulfat-6-Hydrat.** Lösl.-gleichgew. i. Syst. $\text{MnSO}_4\text{-Tl}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}$. A. Benrath, 195, 247.
- Maßanalyse.** Bromometrie u. Oxydimetrie v. Sulfomonopersäure, Perschwefelsäure u. Hydro-per-oxyd nebeneinander. K. Gleu, 195, 61.
 — Jodometrie v. Jodion neben Cl' u. Br' m. Hilfe v. Jodat. H. Ditz, 194, 147.
 — Neutralisationsmethode v. Para-Wolframat. A. Rosenheim, A. Wolff, 193, 47.
- Maßanalyse, potentiometrische.** Neutralisationsmethode für Wolframate. A. Rosenheim, A. Wolff, 193, 47.
 — Oxydimetrie v. Jodid neben Bromid u. Chlorid. F. L. Hahn, 195, 75.
- Metalle.** Affinität zu Schwefel; Gleichgew., het. d. Rkk.: $\text{Me}^{\text{II}} + \text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons \text{MeS} + \text{H}_2$. E. V. Britzke, A. F. Kapustinsky, 194, 323.
 — Atomräume i. intermet. Verbb. W. Biltz, 193, 321.
 — Einw. a. Persulfate. O. Aschan, 194, 139.
 — Nachw. u. Best. durch Emissionsspektralanalyse m. Hochfrequenzfunken. W. Gerlach, E. Schweitzer, 195, 255.
 — spez. Wärme (wahre) b. hohen Tempp. i. festen u. flüss. Zustand. H. Seekamp, 195, 345.
 — Theorie d. Rekristallisation. J. A. M. van Liempt, 195, 366.
- Methylalkohol.** Bldg. a. Formaldehyd neben Formiat. G. Birstein, N. Lobanow, 195, 173.
 — Dichtemax. v. wäßr. Lsgg. u. Binnendruck. G. Tammann, A. Rohmann, 194, 273.

Mikroanalyse s. Analyse.

Minerale. Carnallit als Ausgangsmaterial f. d. Darst. v. Rubidium- u. Caesiumchlorid. G. Jander, F. Busch, 194, 38.

— Eruptivgesteine u. Meteorite; Gehalt an Elementen d. Vanadingruppe. G. v. Hevesy, E. Alexander, K. Würstlin, 194, 316.

— Silicate (Glimmer, Epidot); Wasserbest. E. Dittler, H. Hueber, 195, 41.

— v. Silicium-2-oxyd (Quarz, Tridymit, Cristobalit, Opal, Chalcodon), Verh. geg. Chlor i. Ggw. v. C; Unterscheidung v. einander. E. Gruner, J. Elöd, 195, 269.

— Sylvin, Atomgew. d. darin enthaltenen Ca. O. Hönigschmid, K. Kempter, 195, 1.

— v. Tellur u. Wismut (Hessit, Calaverit, Nagyagit, Wismuttellurid, Wismutglanz); Aufschluß; Unters. auf stabiles Poloniumisotop. G. v. Hevesy, A. Guenther, 194, 162.

Mischkristalle. Einfl. a. d. Härte i. bin. Legg. W. Schischokin, W. Agejewa 193, 237.

— v. Eisen m. Phosphor u. Silicium. W. Hummitzsch, F. Sauerwald, 194, 113.

— v. Halogeniden; Rk. m. BaO i. festem Zustand. J. A. Hedvall, W. Andersson, 193, 29.

— v. Magnesium u. Cadmium; Leitverm., el., Ausdehnung, Umwandlg. i. Verbb. G. Grube, E. Schiedt, 194, 190.

— v. Magnesium u. Cadmium; röntgenograph. Untersuchung. U. Dehlinger, 194, 223.

Mischkristalle, metallische. Leitverm., el., b. Umwandlg. i. Verbb. G. Grube, J. Hille, 194, 179.

Molekulgewicht v. *Poly*-Molybdaten, best. aus Diffusionsverss. G. Jander, K. F. Jahr, W. Heukeshoven, 194, 383.

Molekularkinetik im Erweichungsgebiet d. Gläser. G. Tammann, 193, 406.

Molekularraum v. Stickstoffoxyden b. tiefen Tempp. W. Biltz, W. Fischer, E. Wünnenberg, 193, 351.

— v. Verbb. W. Biltz, 193, 321.

Molybdän. Kathodenmaterial f. elektrolyt. Abscheidg. v. Polonium. G. v. Hevesy, A. Guenther, 194, 162.

***Poly*-Molybdänsäuren.** Natur ihrer Ionen, best. durch Diffusion, Lichtabsorption, konduktometrische u. thermische Titration. G. Jander, K. F. Jahr, W. Heukeshoven, 194, 383.

Molybdänsäure-Kieselsäure. Anwdg. z. Abscheid. v. Rubidium u. Caesium aus Carnallit; Darst. d. Reagenzes. G. Jander, F. Busch, 194, 38.

12-Molybdänsäure-phosphate. Ammoniumsalz; Anwdg. z. Best. v. Phosphorsäure. A. v. Endrédy, 194, 239.

Molybdate. Diffusion, Lichtabsorption, el. Leitverm. G. Jander, K. F. Jahr, W. Heukeshoven, 194, 383.

2 Molybdat. Formulierung als $R_3[HM_o_3O_{11}]$. G. Jander, K. F. Jahr, W. Heukeshoven, 194, 383.

3 Molybdat. Formulierung als $R_4[H_2Mo_6O_{21}]$. G. Jander, K. F. Jahr, W. Heukeshoven, 194, 383.

8 Molybdat. Formulierung als $R_3[H_7Mo_{12}O_{41}]$. G. Jander, K. F. Jahr, W. Heukeshoven, 194, 383.

10 Molybdat. Formulierung als $R_5[H_7Mo_{24}O_{78}]$. G. Jander, K. F. Jahr, W. Heukeshoven, 194, 383.

16 Molybdat. Formulierung als $R_3[H_9Mo_{24}O_{78}]$. G. Jander, K. F. Jahr, W. Heukeshoven, 194, 383.

Meta-Molybdat. Formulierung als $R_3[H_3Mo_6O_{21}]$. G. Jander, K. F. Jahr, W. Heukeshoven, 194, 383.

Para-Molybdat. Formulierung als $R_5^I[HM_o_6O_{21}]$. G. Jander, K. F. Jahr, W. Heukeshoven, 194, 383.

Poly-Molybdate. Natur d. gelösten Ionen, best. a. Diffusion, Lichtabsorption, konduktometr. u. thermometr. Titration. G. Jander, K. F. Jahr, W. Heukeshoven, 194, 383.

N.

- Nagyagit.** Aufschluß; Unters. auf stab. Poloniumisotop. G. v. Hevesy, A. Guenther, 194, 162.
- α -Naphthyl-oxychlorphosphin.** Absorptionsmittel f. Wasser b. dessen Best. i. Silicaten. E. Dittler, H. Hueber, 195, 41.
- Natrium.** Best. neb. Kalium durch Emissionsspektralanalyse. H. Lucas, 195, 321.
- Natriumamalgam.** Anwdg. z. Absorption v. COCl_2 , HCl , CCl_4 od. CO_2 aus Gasgemischen. A. Stock, W. Wustrow, 195, 129.
- Natriumcaproat.** Hysteresis d. Sol-Gelumwandlg. S. N. Banerji, S. Ghosh, 194, 305.
- Natriumcarbonat.** Rkk. m. SiO_2 u. CaCO_3 b. Erhitzen. G. Tammann, W. Oelsen, 193, 245.
- Schmelzdiagramm d. Gemische m. Na_2S . G. Tammann, W. Oelsen, 193, 245.
- Natriumchlorid.** Einfl. a. d. Umsetzung v. BaO m. CuCl i. festem Zustand. J. A. Hedvall, W. Andersson, 193, 29.
- Natriumformiat.** Rk.-Kinetik d. Bldg. aus Formaldehyd. G. Birstein, N. Lobanow, 195, 173.
- Natriumhydroxyd.** Rk.-kinetik d. Einw. a. Formaldehyd. G. Birstein, N. Lobanow, 195, 173.
- 2-Natrium-2 molybdat.** Formulierung als $\text{Na}_3[\text{HMo}_3\text{O}_{11}]$ nach phys. Eigenschaften d. Lsg. G. Jander, K. F. Jahr, W. Heukeshoven, 194, 383.
- 2-Natrium-3 molybdat.** Diff., Lichtabsorption d. Lsg.; Formulierung als $\text{Na}_4[\text{H}_2\text{Mo}_6\text{O}_{21}]\text{aq.}$ G. Jander, K. F. Jahr, W. Heukeshoven, 194, 383.
- Natrium-8 molybdat.** Diff., Lichtabs. d. Lsg.; Formulierung als $\text{Na}_3[\text{H}_7\text{Mo}_{12}\text{O}_{41}]$. G. Jander, K. F. Jahr, W. Heukeshoven, 194, 383.
- Natrium-10 molybdat.** Diffusion, Lichtabsorption d. Lsg.; Formulierung als $\text{Na}_5[\text{H}_7\text{Mo}_{24}\text{O}_{78}]$. G. Jander, K. F. Jahr, W. Heukeshoven, 194, 383.
- Natrium-16 molybdat.** Formulierung als $\text{Na}_3[\text{H}_9\text{Mo}_{24}\text{O}_{78}]$. G. Jander, K. F. Jahr, W. Heukeshoven, 194, 383.
- Natrium-meta-molybdat.** Diff., Lichtabsorption d. Lsg.; Formulierung als $\text{Na}_3[\text{H}_3\text{Mo}_6\text{O}_{21}]$. G. Jander, K. F. Jahr, W. Heukeshoven, 194, 383.
- Natrium-para-molybdat.** Diffusion, Lichtabsorption; Formulierung als $\text{Na}_3[\text{HMo}_6\text{O}_{21}]\text{aq.}$ G. Jander, K. F. Jahr, W. Heukeshoven, 194, 383.
- Natriumoleat.** Struktur v. Häutchen aus —. G. Tammann, H. Elsner v. Gronow, 194, 268.
- Natriumpalmitat.** Hysteresis d. Sol-Gel-umwandlg. S. N. Banerji, S. Ghosh, 194, 305.
- 2-Natrium-meta-silicat.** Bldg. b. Erhitzen v. Glassätzen. G. Tammann, W. Oelsen, 193, 245.
- Schmelzdiagramm i. Syst. Na_2SiO_3 - Na_2SO_4 . G. Tammann, W. Oelsen, 193, 245.
- 2-Natrium-1-pyro-silicat.** Schmelzdiagramm i. Syst. Na_2O - SiO_2 - SO_3 . G. Tammann, W. Oelsen, 193, 245.
- Natriumstearat.** Hysteresis d. Sol-Gel-umwandlg. S. N. Banerji, S. Ghosh, 194, 305.
- Natriumsulfat.** Red. durch C; Zustandsdiagramm Na_2SO_4 - Na_2S . G. Tammann, W. Oelsen, 193, 245.
- Rkk. m. SiO_2 , CaCO_3 u. C (Glassatz) b. Erhitzen. G. Tammann, W. Oelsen, 193, 245.
- Schmelzdiagramm i. Syst. Na_2SO_4 - Na_2SiO_3 . G. Tammann, W. Oelsen, 193, 245.

- Natrium-per-sulfat.** Einw. d. Lsg. a. Metalle; Bldg. v. Doppelsulfaten. O. Aschan, 194, 139.
- 2-Natrium-1-sulfid.** Bldg. a. Na_2SO_4 u. C; Rk. m. CaCO_3 ; Schmelzdiagramm d. Gemische m. Na_2SO_4 u. Na_2CO_3 . G. Tammann, W. Oelsen, 193, 245.
- Natrium-3thionat.** Darst. a. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ u. SO_2 . A. Kurtenacker, K. Matejka, 193, 367.
- Natrium-4thionat.** Darst. a. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ u. SO_2 . A. Kurtenacker, K. Matejka, 193, 367.
- Natriumthiosulfat.** Überführung in 3Thionat u. 4Thionat durch SO_2 . A. Kurtenacker, K. Matejka, 193, 367.
- Natriumvalerat.** Hysteresis d. Sol-Gelumwandlg. S. N. Banerji, S. Ghosh, 194, 305.
- Natrium-para-wolframat-Hydrat** $5\text{Na}_2\text{O} \cdot 12\text{WO}_3 \cdot 28\text{H}_2\text{O}$. Darst., alkalimetr. Titration, Leitverm., elektr., Lösl., Konst. A. Rosenheim, A. Wolff, 193, 47.
- Neodym-1-Kalium-2-selenat-4-Hydrat.** J. Meyer, Ch. Kittelmann, 195, 121.
- Neodym-1-Kalium-2-sulfat-1-Hydrat.** J. Meyer, Ch. Kittelmann, 195, 121.
- Neodym-1-Natrium-2-selenat-2-Hydrat.** J. Meyer, Ch. Kittelmann, 195, 121.
- Neodym-1-Rubidium-2-selenat-4-Hydrat.** J. Meyer, Ch. Kittelmann, 195, 121.
- Neodym-1-Rubidium-2-sulfat(-2-Hydrat).** J. Meyer, Ch. Kittelmann, 195, 121.
- 2-Neodym-3-selenat-5-Hydrat.** J. Meyer, Ch. Kittelmann, 195, 121.
- 2-Neodym-3-selenat-8-Hydrat.** J. Meyer, Ch. Kittelmann, 195, 121.
- Neon.** Temp.-Koeff. d. Lösl. i. versch. Flüssigkeiten. G. Tammann, 194, 159.
- Nickel.** Katalysator d. Wasserbldg. a. Knallgas. C. Kröger, 194, 73.
- Nickel-2-Ammonium-2-sulfat-6-Hydrat.** O. Aschan, 194, 139.
- Nickel-2-Kalium-2-sulfat-6-Hydrat.** O. Aschan, 194, 139.
- Nickel-2-Natrium-2-sulfat-6-Hydrat.** O. Aschan, 194, 139.
- Nickel-1-oxyd.** Katalysator d. Wasserbldg. a. Knallgas. C. Kröger, 194, 73.
- Niob.** Gehalt i. Eruptivgesteinen u. Meteoriten. G. v. Hevesy, E. Alexander, K. Würstlin, 194, 316.
- Niob-5-hydroxyd-gel.** Isobarer Abbau, Dampfdrucke. G. F. Hüttig, A. König, 193, 93.
- 2-Niob-5-oxyd.** Hydrate u. ihr isobarer Abbau; Röntgenogramm. G. F. Hüttig, A. König, 193, 93.
- 2-Niob-5-oxyd-Hydrate.** Isobarer Abbau. G. F. Hüttig, A. König, 193, 93.
- Nitron.** Anwdg. z. quant. Fällg. v. *Per*-Rhenat. W. Geilmann, F. Weibke, 195, 289.
- Nitronacetat.** Anwdg. z. Best. v. *Per*-Rhenat. W. Geilmann, A. Voigt, 193, 311.
- Anwdg. z. Best. u. Trenng. v. HReO_4 . W. Geilmann, F. Weibke, 195, 289.

O.

- Oberflächenspannung.** Bezz. z. Schrumpfung v. Blattmetallen. J. Sawai, M. Nishida, 193, 119.
- v. wäßr. Lsgg.; Bez. z. Binnendruck. G. Tammann, A. Rohmann, 194, 273.
- Opal.** Verh. geg. Chlor i. Ggw. v. C. E. Gruner, J. Elöd, 195, 269.
- Organische Stoffe.** Additivität d. Atomräume. W. Biltz, 193, 321.
- Osmotischer Druck** v. Geraninsäurelsgg.; Anwdg. z. Ber. d. Hydratation. S. Liepatoff, L. Korobowa, 194, 369.

P.

- Phosphor.** Legg., tern., m. Eisen u. Silicium, Erstarrungsdiagramm, Kleingef. W. Hummitzsch, F. Sauerwald, 194, 113.
- 2-Phosphor-3-oxyd.** Komplexverbb. m. Wolframsäure. A. Rosenheim, A. Wolff, 193, 64.
- Phosphorsäure.** Best. als 3-Ammonium-Phosphor-12-Molybdat od. 12-Molybdänsäure-Phosphorsäure. A. v. Endrédy, 194, 239.

- Photochemie.** Rk.-mechanismus photochem. Rkk. R. D. Kleeman, 195, 164.
- Platinammine (Pt^{IV}).** Äthylendiamin-1-Amino-1-Chloro-2-Nitrito-Platin; Verh. als Base. A. A. Grünberg, G. P. Faermann, 193, 193.
- Äthylendiamin-1-Amino-2-Chloro-1-Nitrito-Platin; Verh. als Base. A. A. Grünberg, G. P. Faermann, 193, 193.
- 3-Ammoniak-1-Amino-1-Chloro-1-Nitro-Platin-1-chlorid; Verh. als Base. A. A. Grünberg, G. P. Faermann, 193, 193.
- 4-Ammoniak-1-Amino-1-Chloro-Platin-2-chlorid; Verh. als Base. A. A. Grünberg, G. P. Faermann, 193, 193.
- 4-Ammoniak-2-Chloro-Platin-2-chlorid; Verh. als Säure. A. A. Grünberg, G. P. Faermann, 193, 193.
- 5-Ammoniak-1-Chloro-Platin-3-chlorid; Verh. als Säure. A. A. Grünberg, G. P. Faermann, 193, 193.
- 5-Ammoniak-1-Hydroxo-Platin-3-chlorid; Verh. als Säure. A. A. Grünberg, G. P. Faermann, 193, 193.
- 6-Ammoniak-Platin-4-chlorid; Verh. als Säure. A. A. Grünberg, G. P. Faermann, 193, 193.
- Verhalten als Säuren u. Basen. A. A. Grünberg, G. P. Faermann, 193, 193.
- Polonium.** Trenng. v. Tellur u. Wismut; Elektrolyt. Abscheidung. G. v. Hevesy, A. Guenther, 194, 162.
- Verss. z. Auffindung eines stabilen Isotops i. Te u. Bi-mineralien. G. v. Hevesy, A. Guenther, 194, 162.
- Polymorphie v. Elementen;** Bezz. z. d. Atomräumen i. Verbb. W. Biltz, 193, 321.
- v. Zinn, Blei, Sb, Zn. P. Saldau, 194, 1.
- Polythermen d. Systst. MnSO₄-R₂SO₄-H₂O (R = Tl, Rb, NH₄).** A. Benrath, 195, 247.
- Potential, galvanisches, v. Beryllium u. Be-amalgamen gegen s. Salzlsgg.** M. Prytz, 193, 113.
- d. Rkk.: $\text{NO}_3' + \text{NO} \rightleftharpoons 2\text{NO}_2' + \oplus$ u. $\text{NO} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NO}_3' + 4\text{H}^+ + 3 \ominus$. H. Bode, 195, 201.
- Propylalkohol.** Dichtemax. d. wäßr. Lsgg.; Binnendruck, Oberflächenspanng. G. Tammann, A. Rohmann, 194, 273.
- Protaktinium.** Gehalt i. Eruptivgesteinen u. Meteoriten. G. v. Hevesy, E. Alexander, K. Würstlin, 194, 316.

Q.

- Quarz.** Verh. geg. Chlor i. Ggw. v. C; Unterscheidung v. d. anderen SiO₂-formen. E. Gruner, J. Elöd, 195, 269.
- Quarzglas.** Verh. geg. Chlor i. Ggw. v. C; Best. neben anderen SiO₂-formen. E. Gruner, J. Elöd, 195, 269.
- Quecksilber.** Anwdg. d. Dampfes z. quant. Absorption v. Cl aus Gasgemischen. A. Stock, W. Wustrow, 195, 129.
- Legg., bin., m. Beryllium; Darst., Pott. geg. Be-lsgg. M. Prytz, 193, 113.
- Nachw. u. Best. kleiner Mengen m. Emissionsspektren v. Hochfrequenzfunken. W. Gerlach, E. Schweitzer, 195, 255.

R.

- Radium F s. Polonium.**
- Raumbeanspruchung d. Atome i. Verbb.;** Additivität, Gleichräumigkeit, konst. Einflüsse. W. Biltz, 193, 321.
- Reaktionen, chemische, zw. festen Stoffen (Mischkristalle u. einfache Oxyde).** J. A. Hedvall, W. Andersson, 193, 29.
- Reaktionsgeschwindigkeit d. Formitbldg. aus Formaldehyd i. Ggw. v. Katalysatoren.** G. Birstein, N. Lobanow, 195, 173.
- d. Wasserbldg. aus Knallgas m. versch. Katalysatoren. C. Kröger, 194, 73.
- d. Zerfalls v. 2-Blei-2-bromid-1-sulfat. Z. Karaoglanov, B. Sagortschev, 195, 113.

- Reaktionskinetik** d. Formiatbldg. aus Formaldehyd i. Ggw. v. Katalysatoren. G. Birstein, N. Lobanow, 195, 173.
- d. Überganges v. rosa Mangansulfid i. d. orange od. grüne Form. G. Landesen, M. Reistal, 193, 277.
- Reaktionsmechanismus** d. Fällg. v. Bleisulfat i. Ggw. v. Br'. Z. Karaoglanov, B. Sagortschev, 195, 113.
- d. Fällung v. Bleisulfat u. Bleichromat i. Ggw. v. Br'. Z. Karaoglanov, B. Sagortschev, 195, 105.
- zw. festen Stoffen (Mischkristalle u. einfache Oxyde). J. A. Hedvall, W. Andersson, 193, 29.
- d. Stannatbldg. aus SnO_2 u. CaO i. Ggw. v. H_2 od. CO als Katalysatoren. S. Tamaru, N. Andô, 195, 309.
- d. Überganges v. rosa Mangansulfid i. d. orange od. grüne Form. G. Landesen, M. Reistal, 193, 277.
- Reduktion** v. Salpetersäure durch NO . H. Bode, 195, 195.
- v. Salpetersäure durch NO ; Potential d. Reduktionsrk. H. Bode, 195, 201.
- Reduktion, elektrolytische**, v. Vanadinverbb. zu VII -salzen. J. Meyer, M. Aulich, 194, 278.
- Reduktionsmittel**. Einw. a. *Per*-Rhenate. F. Krauss, H. Steinfeld, 193, 385.
- Rekristallisation** v. Metallen; Theorie. J. A. M. van Liempt, 195, 366.
- Per-Rhenat**. Best. m. Nitron. W. Geilmann, A. Voigt, 193, 311.
- Verh. d. Lsgg. gegen H_2S ; Herst. a. Rheniumsulfid; Best. als Nitron-*per*-rhenat u. Trenng. v. Cu, Pb, Hg, As, Sb, Sn. W. Geilmann, F. Weibke, 195, 289.
- Verh. geg. Reduktionsmittel. F. Krauss, H. Steinfeld, 193, 385.
- Per-Rhenation**. Beweglichkeit. N. A. Puschin, P. S. Tutundžić, 193, 420.
- Rhenium**. Best. als Nitron-*per*-rhenat nach Fällg. als Sulfid u. dessen Oxydation zu HReO_4 ; Trenng. v. Cu, Pb, Hg, As, Sb, Sn. W. Geilmann, F. Weibke, 195, 289.
- Per-Rheniumsäure**. Darst. a. Metall. F. Krauss, H. Steinfeld, 193, 385.
- Flüchtigkeit; Best. als Nitron-*per*-rhenat; Verh. geg. H_2S . W. Geilmann, F. Weibke, 195, 289.
- Rheniumsulfid**. Ausfällg. a. *Per*-Rhenatlsgg.; Oxydation zu *Per*-Rhenat. W. Geilmann, F. Weibke, 195, 289.
- Rhodiumammine (Rh^{III})**. 6-Ammoniak-Rhodium-3-chlorid; Verh. als Säure. A. A. Grünberg, G. P. Faermann, 193, 193.
- Röntgenogramm** v. Aluminium-3-chlorid. W. E. Laschkarew, 193, 270.
- v. Magnesium-Cadmium-legg. U. Dehlinger, 194, 223.
- v. 2-Niob-5-oxyd. G. F. Hüttig, A. König, 193, 93.
- v. 2-Tantal-5-oxyd. G. F. Hüttig, A. König, 193, 100.
- v. 2-Vanadin-5-oxyd u. s. Hydraten. G. F. Hüttig, A. König, 193, 81.
- v. Wolfram, Thorium u. Thoriumoxyd. W. G. Burgess, J. A. M. v. Liempt, 193, 144.
- Rubidiumazid**. Zers. zu Nitrid. K. Clusius, 194, 47.
- Rubidiumchlorid**. Darst. aus Carnallit durch Fällg. m. Silicomolybdänsäure. G. Jander, F. Busch, 194, 38.
- Einfl. a. d. Umsetzg. v. BaO m. CuCl i. festem Zustand. J. A. Hedvall, W. Andersson, 193, 29.
- Rubidiumnitrid, Rb_3N** . Darst. a. Azid; Formel. K. Clusius, 194, 47.

S.

- Salpetersäure**. DD. u. Dampfdrucke d. Lsgg. v. NO_2 i. HNO_3 . A. Klemenc, J. Rupp, 194, 51.
- Red. durch NO ; Gleichgew. d. Rk. $\text{NO}_3' + \text{H} + 2\text{NO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 3\text{HNO}_2$. H. Bode, 195, 195.
- Red. durch NO ; Potential d. Reduktionsrkk. H. Bode, 195, 201.
- Z. anorg. u. allg. Chem. Bd. 195.

- Salpetersäure-1-Stickstoff-2-oxyd.** Bldg. i. Lsgg. v. NO_2 i. HNO_3 ; Gleichgew. $\text{HNO}_3 \cdot \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HNO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{NO}_2$. A. Klemenc, J. Rupp, 194, 51.
- Salpetrigsäure.** Bldg. a. $\text{HNO}_3 + \text{NO}$; Gleichgew. d. Rk.: $3\text{HNO}_2 \rightleftharpoons \text{NO}_3' + \text{H}' + 2\text{NO} + \text{H}_2\text{O}$. H. Bode, 195, 195.
- Bldg. a. HNO_3 u. NO ; Potential d. Reduktionsrkk. H. Bode, 195, 201.
- Samarium-3-bromid.** Verh. b. Erhitzen. G. Jantsch, N. Skalla, 193, 391.
- Samarium-2-jodid.** Darst. a. SaJ_3 durch Red. m. H_2 u. durch therm. Abbau; Zerfall i. Sa u. SaJ_3 ; phys. Eigensch., Leitverm. d. Lsg. G. Jantsch, N. Skalla, 193, 391.
- Samarium-3-jodid.** Darst., Red. m. H_2 , therm. Abbau zu SaJ_2 . G. Jantsch, N. Skalla, 193, 391.
- Samarium-1-sulfat.** G. Jantsch, N. Skalla, 193, 391.
- Sauerstoff.** Best. i. akt. Kohle durch Verbrennung. A. Stock, H. Lux, J. W. R. Rayner, 195, 158.
- D. d. flüss. b. tiefen Tempp. W. Biltz, W. Fischer, E. Wünnenberg, 193, 351.
- Einfl. a. d. Schrumpfung v. Blattmetallen. J. Sawai, Y. Ueda, M. Nishida, 193, 119.
- Katalyse d. Wasserbldg. i. Knallgas durch versch. Mett. u. Oxyde, Einfl. d. Katalysatormenge. C. Kröger, 194, 73.
- Raumbeanspruchung i. Oxyden. W. Biltz, 193, 321.
- Schmelzdiagramm d. Syst. Na_2SO_4 - Na_2S .** G. Tammann, W. Oelsen, 193, 245.
- d. Systst. Na_2SO_4 - Na_2SiO_3 ($\text{Na}_2\text{Si}_2\text{O}_5$) u. Na_2SO_4 - Na_2S . G. Tammann, W. Oelsen, 193, 245.
- Schmelzflächen d. Legg. v. Fe - Fe_2P - FeSi .** W. Hummitzsch, F. Sauerwald, 194, 113.
- Schmelzlinie d. Silber-Barium- u. Silber-Strontiumlegg.** F. Weibke, 193, 297.
- Schmelzpunkt v. Jod-7-fluorid.** O. Ruff, R. Keim, 193, 176.
- v. Strontium. F. Weibke, 193, 297.
- Schrumpfung v. Blattsilber u. Blattgold; Einfl. d. Atmosphäre; App. z. Messung.** J. Sawai, Y. Ueda, M. Nishida, 193, 119.
- v. Glasfäden b. hohen Tempp. J. Sawai, M. Nishida, 193, 133.
- Schwefel.** Affinität zu Metallen; Gleichgew. het., d. Rkk.: $\text{Me}^{\text{II}} + \text{S} \rightleftharpoons \text{MeS}$. E. V. Britzke, A. F. Kapustinsky, 194, 323.
- Atomgew. durch Synthese v. Ag_2S ; Reindarst. O. Hönigschmid, R. Sachtleben, 195, 207.
- Oxydationswärme zu SO_2 u. SO_3 ; Thermochem. Daten s. Oxyde u. SS. W. A. Roth, R. Grau, A. Meichsner, 193, 161.
- Schwefel-2-oxyd.** Einw. a. Thiosulfatlsgg. unter Bldg. v. 3 Thionat u. 4 Thionat. A. Kurtenacker, K. Matejka, 193, 367.
- Wärmetönung d. Oxydation zu SO_3 u. H_2SO_4 ; Lsgs.-wärme. W. A. Roth, R. Grau, A. Meichsner, 193, 161.
- Schwefel-3-oxyd.** Gleichgew., het., i. Syst. Na_2O - SiO_2 - SO_3 . G. Tammann, W. Oelsen, 193, 245.
- Schwefelsäure.** Bldgs.-wärme, Verdünnungswärme. W. A. Roth, R. Grau, A. Meichsner, 193, 161.
- Per-Schwefelsäure.** Best., maßanalyt., neben H_2SO_5 u. H_2O_2 . K. Gleu, 195, 61.
- Schwefelwasserstoff.** Einw. a. Per-Rhenatlsgg. W. Geilmann, F. Weibke, 195, 289.
- Gleichgew., het., d. Rkk.: $\text{MeS} + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{Me} + \text{H}_2\text{S}$. E. V. Britzke, A. F. Kapustinsky, 194, 323.
- Schwefligsäure.** Einw. a. Thiosulfat unter Bldg. v. 3 Thionat u. 4 Thionat. A. Kurtenacker, K. Matejka, 193, 367.
- Seifen.** Hysteresis d. Sol-Gel-umwandlg. S. N. Banerji, S. Ghosh, 194, 305.
- Siedepunkt v. Jod-7-fluorid.** O. Ruff, R. Keim, 193, 176.
- org. Flüssigkeiten; Bez. z. Verdampfungswärme. E. W. Madge, 195, 338.

- Silber.** Katalysator d. Wasserbldg. a. Knallgas; Einfl. d. Katalysatormenge. C. Kröger, 194, 73.
- Legg., bin., m. Strontium od. Barium; Schmelzdiagramm, Dichte. F. Weibke, 193, 297.
- Reindarst. O. Hönigschmid, R. Sachtleben, 195, 207.
- Schrumpfung v. Blattsilber i. versch. Atmosphären. J. Sawai, Y. Ueda, M. Nishida 193, 119.
- Silberulfid.**, Synthese z. Atomgew.-best. — Zerfall; D.; Reduktion. O. Hönigschmid, R. Sachtleben, 195, 207.
- Silicate.** Best. ihres Wassergehaltes. E. Dittler, H. Hueber, 195, 41.
- d. Erdalkalimetalle; Lösl. i. CO_2 -lsgg. unter Druck. E. Müller, W. Lubberger, 194, 261.
- Silicium.** Legg., tern., m. Eisen u. Phosphor; Erstarrungsdiagramm, Kleingef. W. Hummitzsch, F. Sauerwald, 194, 113.
- Silicium-2-oxyd.** Rkk. m. Na_2CO_3 u. CaCO_3 b. Erhitzen. G. Tammann, W. Oelsen, 193, 245.
- Rkk. m. Na_2SO_4 , CaCO_3 u. C (Glassatz) b. Erhitzen. G. Tammann, W. Oelsen, 193, 245.
- Rkk. m. Pb_3O_4 u. K_2CO_3 b. Erhitzen. G. Tammann, W. Oelsen, 193, 245.
- Verh. d. versch. Formen (amorph., Quarz, Tridymit usw.) gegen Cl i. Ggw. v. C. — Unterscheidg. d. Formen. E. Gruner, J. Elöd, 195, 269.
- Spektralanalyse.** Best. v. Strontium neben Calcium aus Emissionsspektren. K. Ruthardt, 195, 15.
- Emissionsspektren v. Kalium u. Natrium; Anwdg. z. Best. d. Elemente a. d. Intensitätsverhältnis d. Linien. H. Lucas, 195, 321.
- Emissionsspektren v. Hochfrequenzfunken z. mikroanalyt. Best. v. Quecksilber u. anderen Mett. W. Gerlach, E. Schweitzer, 195, 255.
- Spezifische Wärme, wahre, v. Metallen, fest u. flüssig; App. z. Mess.** H. Seekamp, 195, 345.
- Stannat d. Calciums; Bldg. a. SnO_2 u. CaO ; Gleichgew., het., d. Rkk.:**
 $\text{Ca}_2\text{SnO}_4 + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{CaSnO}_2 + \text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$ u. $\text{Ca}_2\text{SnO}_4 + \text{CO} \rightleftharpoons \text{CaSnO}_2 + \text{CaO} + \text{CO}_2$. S. Tamaru, N. Andô, 195, 309.
- Stannit v. Calcium, Barium, Strontium; Darst. a. d. Kompp.** S. Tamaru, H. Sakurai, 195, 24.
- v. Calcium; Zwischenprod. d. Stannatbldg. a. $\text{SnO}_2 + \text{CaO}$; Gleichgew. d. Rk. $\text{CaSnO}_2 + \text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Ca}_2\text{SnO}_4 + \text{H}_2$. S. Tamaru, N. Andô, 195, 309.
- Sulfoxy-Stannite v. Calcium, Barium, Strontium; Darst. a. SnS u. CaO (BaO , SrO).** S. Tamaru, Y. Tanaka, 195, 35.
- Stickoxyd s. Stickstoff-1-oxyd.**
- Stickoxydul s. 2-Stickstoff-1-oxyd.**
- Stickstoff.** Einfl. a. d. Schrumpfung v. Blattmetallen. J. Sawai, Y. Ueda, M. Nishida, 193, 119.
- Stickstoff-1-oxyd.** D. u. Molarraum b. tiefen Tempp., Darst. W. Biltz, W. Fischer, E. Wünnenberg, 193, 351.
- Einw. a. HNO_3 unter Bldg. v. HNO_2 ; Red.-potential. H. Bode, 195, 201.
- Einw. a. Salpetersäure; Gleichgew. d. Rkk.: $\text{NO}_3' + \text{H} + 2\text{NO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 3\text{HNO}_2$. H. Bode, 195, 195.
- Stickstoff-2-oxyd.** DD. u. Dampfdrucke d. Lsgg. i. HNO_3 . A. Klemenc, J. Rupp, 194, 51.
- 2-Stickstoff-1-oxyd.** D. u. Molarraum b. tiefen Tempp., Darst. W. Biltz, W. Fischer, E. Wünnenberg, 193, 351.
- 2-Stickstoff-3-oxyd.** D. u. Molarraum b. tiefen Tempp.; Darst. W. Biltz, W. Fischer, E. Wünnenberg, 193, 351.
- 2-Stickstoff-4-oxyd.** D. u. Molarraum b. tiefen Tempp., Darst. W. Biltz, W. Fischer, E. Wünnenberg, 193, 351.
- Verh. geg. HNO_3 ; DD. u. Dampfdrucke d. Lsgg. A. Klemenc, J. Rupp, 194, 51.

- 2-Stickstoff-5-oxyd.** D. u. Molarraum b. tiefen Tempp.; Darst. W. Biltz, W. Fischer, E. Wünnenberg, 193, 351.
- Strahlung u. Molekulareigenschaften.** R. D. Kleeman, 195, 164.
- Strontium.** Best., spektroskop., neben Calcium durch Funkenspektren. K. Ruthardt, 195, 15.
- Legg., bin., m. Silber; Schmelzdiagramm, D. F. Weibke, 193, 297.
- Trenng. v. Calcium. O. Hönigschmid, K. Kempter, 195, 1.
- Strontiumcarbonat.** S. Tamaru, H. Sakurai, 195, 24.
- Strontium-1-Silber.** Smp., D. F. Weibke, 193, 297.
- Strontium-4-Silber.** Smp., D. F. Weibke, 193, 297.
- 3-Strontium-2-Silber.** Smp., D. F. Weibke, 193, 297.
- 3-Strontium-5-Silber.** Smp., D. F. Weibke, 193, 297.
- Strontiumsilicat.** Lösl. i. CO_2 -lsgg. unter Druck. E. Müller, W. Lubberger, 194, 261.
- Strontiumstannit.** S. Tamaru, H. Sakurai, 195, 24.
- 2-Strontium-1-oxyl-1-sulfoxy-stannit, $2\text{SrO} \cdot \text{SnS}$.** S. Tamaru, Y. Tanaka, 195, 35.
- Strontium-para-wolframat-Hydrat, $5\text{SrO} \cdot 12\text{WO}_3 \cdot 28\text{H}_2\text{O}$.** A. Rosenheim, A. Wolff, 193, 47.
- Struktur dünner Häutchen a. Lsgg. kristallisierender u. nicht kristallisierender Stoffe.** G. Tammann, H. Elsner von Gronow, 194, 268.
- Sulfate v. zweiwert. Mett.; Doppelsalze m. Alkalisulfaten.** O. Aschan, 194, 139.
- Per-Sulfate.** Best., maßanalyt., neben H_2SO_5 u. H_2O_2 . K. Gleu, 195, 61.
- Verh. ihrer Lsgg. geg. Metalle; Bldg. d. Verbb. $\text{M}_2\text{M}''(\text{SO}_4)_2 \cdot \text{aq}$. O. Aschan, 194, 139.
- Sulfide v. Antimon, Cadmium, Eisen, Wismut, Zinn; Gleichgew., het. d. Rkk.: $\text{MeS} + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{Me} + \text{H}_2\text{S}$.** E. V. Britzke, A. F. Kapustinsky, 194, 323.
- Sulfomonopersäure.** Best., maßanalyt. durch Bromometrie, allein u. neben H_2O_2 u. $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_8$. K. Gleu, 195, 61.
- Sylvin.** Atomgew. d. darin enthaltenen Ca. O. Hönigschmid, K. Kempter, 195, 1.
- Synärese lyophiler Kolloide; Theorie.** S. Liepatoff, L. Korobowa, 194, 369.
- System, binäres 2-Niob-5-oxyl-Wasser; Dampfdrucke.** G. F. Hüttig, A. König, 193, 93.
- 2-Tantal-5-oxyl-Wasser; Dampfdrucke. G. F. Hüttig, A. König, 193, 100.
- 2-Vanadin-5-oxyl-Wasser; Dampfdruck u. Röntgenogramm v. V_2O_5 -Hydraten. G. F. Hüttig, A. König, 193, 81.
- System, ternäres Eisen, Phosphor, Silicium; Erstarrungsdiagramm, Kleingef.** W. Hummitzsch, F. Sauerwald, 194, 113.
- $\text{MnSO}_4\text{-R}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}$ ($\text{R} = \text{Tl}, \text{Rb}, \text{NH}_4$). A. Benrath, 195, 247.

T.

- Tantal.** Gehalt i. Eruptivgesteinen u. Meteoriten. G. v. Hevesy, E. Alexander, K. Würstlin, 194, 316.
- Tantal-5-hydroxyl-gel.** Dampfdruck; isobar. Abbau. G. F. Hüttig, A. König, 193, 100.
- 2-Tantal-5-oxyl.** Hydrate, Röntgenogramm. G. F. Hüttig, A. König, 193, 100.
- 2-Tantal-5-oxyl-Hydrate.** Dampfdruck, isobarer Abbau. G. F. Hüttig, A. König, 193, 100.
- Tellur.** Oxydation zu $\text{Te}(\text{OH})_6$ durch HClO_3 . J. Meyer, W. Franke, 193, 191.
- Trenng. v. Polonium. G. v. Hevesy, A. Guenther, 194, 162.
- Tellurminerale.** Untersuchung auf einstab. Poloniumisotop. G. v. Hevesy, A. Guenther, 194, 162.
- Tellursäure.** Darst. durch Oxydation v. Te m. HClO_3 . J. Meyer, W. Franke, 193, 191.
- Thallium.** Atomgew.; Neubest. durch Analyse v. Thalliumbromid (Tl^{I}). O. Hönigschmid, H. Striebel, 194, 293.
- wahre spez. Wärme d. festen u. flüss. Metalls; Uwp., Umwandlungswärme. H. Seekamp, 195, 345.

Thallium-1-bromid. Analyse z. Atomgew.-best. v. Tl. O. Hönigschmid, H. Striebel, 194, 293.

3Thionat. Darst. a. Thiosulfat u. SO_2 . A. Kurtenacker, K. Matejka, 193, 367.

4Thionat. Darst. a. Thiosulfat u. SO_2 . A. Kurtenacker, K. Matejka, 193, 367.

Thiosulfat. Umwandlg. i. 3Thionat u. 4Thionat durch SO_2 . A. Kurtenacker, K. Matejka, 193, 367.

Thorium. Röntgenogramm; Bldg. b. Erhitzen v. ThO_2 -halt. Wolframdrähten. W. G. Burgess, J. A. M. van Liempt, 193, 144.

Thorium-2-oxyd. Röntgenogramm, Verh. i. Wolframglühdrähten. W. G. Burgess, J. A. M. van Liempt, 193, 144.

Titanmineral d. Eruptivgesteine. G. v. Hevesy, E. Alexander, K. Würstlin, 194, 316.

Tridymit. Darst., Verh. geg. Chlor i. Ggw. v. C; Best. neben anderen SiO_2 -formen. E. Gruner, J. Elöd, 195, 269.

U.

Umwandlung v. Mischkristst. i. Verbb.; Einfl. a. d. Isothermen d. el. Leitverm. G. Grube, J. Hille, 194, 179.

Umwandlungslinie d. Magnesium-Cadmium-mischkristst. G. Grube, E. Schiedt, 194, 190.

Umwandlungspunkt v. Thallium. H. Seekamp, 195, 345.

Umwandlungswärme s. Wärmetönung d. Umwandlung.

V.

Vanadin. Gehalt i. Eruptivgesteinen u. Meteoriten. G. v. Hevesy, E. Alexander, K. Würstlin, 194, 316.

Vanadin-2-Ammonium-2-sulfat-6-Hydrat (V^{II}). J. Meyer, M. Aulich, 194, 278.

Vanadin-2-oxo-1-hydroxyd. Dampfdruck, isobar. Abbau, Röntgenogramm. G. F. Hüttig, A. König, 193, 81.

Vanadinhydroxydgel. Isobar. Abbau. G. F. Hüttig, A. König, 193, 81.

Vanadin-2-Kalium-2-sulfat-6-Hydrat (V^{II}). J. Meyer, M. Aulich, 194, 278.

2-Vanadin-5-oxyd. Red. s. schwefels. Lsgg. durch Elektrolyse zu VSO_4 ; Lösl. i. H_2SO_4 . J. Meyer, M. Aulich, 194, 278.

— Röntgenogramm, Bldg. b. Altern d. Hydrate. G. F. Hüttig, A. König, 193, 81.

2-Vanadin-5-oxyd-Hydrate. Krist. u. Gelformen; Dampfdruck, Röntgenogramm; Verh. b. Altern. G. F. Hüttig, A. König, 193, 81.

2-Vanadin-5-oxyd-0,5-Hydrat. Dampfdruck, isobar. Abbau, Alterung, Röntgenogramm. G. F. Hüttig, A. König, 193, 81.

2-Vanadin-5-oxyd-1-Hydrat. Dampfdruck, isobar. Abbau, Alterung, Röntgenogramm. G. F. Hüttig, A. König, 193, 81.

Vanadin-2-Rubidium-2-sulfat-6-Hydrat (V^{II}). J. Meyer, M. Aulich, 194, 278.

Vanadin-1-sulfat-7-Hydrat (V^{II}). Darst. durch elektrol. Red. J. Meyer, M. Aulich, 194, 278.

W.

Wärme, spezifische, s. Spez. Wärme.

Wärmetönung d. Bldg. v. chem. Verbb.; Bez. z. d. Elektroneneigenschaften. R. D. Kleeman, 193, 106.

— d. Bldg. v. 2-Fluor-1-oxyd. H. v. Wartenberg, G. Klinkott, 193, 409.

— d. Bldg. v. KJ_3 aus $\text{KJ} + \text{J}$. H. v. Wartenberg, G. Klinkott, 193, 409.

— d. Bldg. v. Kobalt-1-oxyd. W. A. Roth, H. Havekoss, 195, 239.

— d. Bldg. v. Metallsulfiden (FeS , Sb_2S_3 , Bi_2S_3 , CdS , SnS). E. V. Britzke, A. F. Kapustinsky, 194, 323.

- Wärmetönung** d. Bldg. v. Salpetrigsäure. H. Bode, 195, 195.
- d. Bldg. v. SO_3 (flüss.), H_2SO_4 u. H_2SO_4 -lsgg. W. A. Roth, R. Grau, A. Meichsner, 193, 161.
- d. Lsg. v. Br i. HBr -lsg. H. v. Wartenberg, G. Klinkott, 193, 409.
- d. Lsg. v. SO_2 . W. A. Roth, R. Grau, A. Meichsner, 193, 161.
- d. Oxydation v. SO_2 m. H_2O_2 -lsgg. W. A. Roth, R. Grau, A. Meichsner, 193, 161.
- d. Umwandlg. v. Thallium. H. Seekamp, 195, 345.
- d. Verdampfung v. Jod-7-fluorid. O. Ruff, R. Keim, 193, 176.
- d. Verdünnung v. H_2O_2 m. H_2O u. v. H_2SO_4 m. H_2O_2 -lsgg. u. H_2O . W. A. Roth, R. Grau, A. Meichsner, 193, 161.
- d. Zerfalls u. d. Verdünnung v. H_2O_2 -lsgg. W. A. Roth, R. Grau, A. Meichsner, 193, 161.
- Wasser.** Änderung d. Dichtemax. durch Fremdstoffe i. Bez. z. Änderung d. Binnendrucks. G. Tammann, A. Rohmann, 194, 273.
- Best. kleiner Mengen i. Silicaten. E. Dittler, H. Hueber, 195, 41.
- Katalyse d. Bldg. a. Knallgas durch Mett. u. Oxyde. C. Kröger, 194, 73.
- Raumbeanspruchung i. Hydraten. W. Biltz, 193, 321.
- Wasserstoff.** Best. i. akt. Kohle durch Verbrennung. A. Stock, H. Lux, J. W. R. Rayner, 195, 158.
- Gleichgew., het., d. Rkk.: $\text{MeS} + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{Me} + \text{H}_2\text{S}$. E. V. Britzke, A. F. Kapustinsky, 194, 323.
- Katalysator d. Stannatbldg. a. SnO_2 u. CaO ; Gleichgew. d. Rk.: $\text{Ca}_2\text{SnO}_4 + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{CaSnO}_2 + \text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$. S. Tamaru, N. Andô, 195, 309.
- Katalyse d. Wasserbldg. durch versch. Metalle u. Oxyde; Einfl. d. Katalysatormenge. C. Kröger, 194, 73.
- Wasserstoffionenkonzentration** v. Platinamminen (Pt^{IV}) b. Diss. als SS. od. Basen. A. A. Grünberg, G. P. Faermann, 193, 193.
- Wasserstoff-per-oxyd.** Zersetzungswärme, Verdünnungswärme; Anwdg. z. Oxydation v. SO_2 -gas. W. A. Roth, R. Grau, A. Meichsner, 193, 161.
- Weinsäure.** Einfl. a. d. Best. v. $\text{PO}_4^{''}$ als Molybdänsäurephosphat. A. v. Endrédy, 194, 239.
- Wismut.** Gleichgew., het., d. Rk.: $2 \text{Bi} + 3 \text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons \text{Bi}_2\text{S}_3 + 3 \text{H}_2$. E. V. Britzke, A. F. Kapustinsky, 194, 323.
- Legg., bin., m. Cd od. Sn; Härte b. versch. Tempp. W. Schischokin, W. Agejewa, 193, 237.
- Trenng. v. Polonium. G. v. Hevesy, A. Guenther, 194, 162.
- Wismutglanz.** Aufschluß; Unters. auf stab. Poloniumisotop. G. v. Hevesy, A. Guenther, 194, 162.
- Wismutmineralien.** Untersuchung auf stabiles Poloniumisotop. G. v. Hevesy, A. Guenther, 194, 162.
- 2-Wismut-3-sulfid.** Dampfdruck, Bldgs.-wärme, Gleichgew., het., d. Rk.: $\text{Bi}_2\text{S}_3 + 3 \text{H}_2 \rightleftharpoons 2 \text{Bi} + 3 \text{H}_2\text{S}$. E. V. Britzke, A. F. Kapustinsky, 194, 323.
- Wismuttellurid.** Aufschluß; Unters. auf stab. Poloniumisotop. G. v. Hevesy, A. Guenther, 194, 162.
- Heteropoly-Wolframate** m. As_2O_3 , Sb_2O_3 , P_2O_3 . A. Rosenheim, A. Wolff, 193, 64.
- Meta-Wolframate.** Bezz., z. d. Para-Wolframat; Konst. A. Rosenheim, A. Wolff, 193, 47.
- Para-Wolframate.** Konst., Bezz. z. normalen u. Meta-Wolframat. A. Rosenheim, A. Wolff, 193, 47.
- Wolframglühdrähte.** Verh. d. ThO_2 -haltigen — b. starkem Erhitzen. W. G. Burgess, J. A. M. van Liempt, 193, 144.
- Wolframsäure-antimonite** (W^{VI}). Ammoniumsalz: $2,5 (\text{NH}_4)_2\text{O} \cdot 2 \text{Sb}_2\text{O}_3 \cdot 10 \text{WO}_3 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$. A. Rosenheim, A. Wolff, 193, 64.
- Ammoniumsalz: $6 (\text{NH}_4)_2\text{O} \cdot \text{Sb}_2\text{O}_3 \cdot 18 \text{WO}_3 \cdot 38 \text{H}_2\text{O}$. A. Rosenheim, A. Wolff, 193, 64.

Wolframsäure-antimonite (W^{IV}). Bariumsalz: $2,5 \text{ BaO} \cdot 2 \text{ Sb}_2\text{O}_3 \cdot 10 \text{ WO}_3 \cdot 18 \text{ H}_2\text{O}$. A. Rosenheim, A. Wolff, 193, 64.

— Guanidiniumsalz: $2,5 (\text{CN}_3\text{H}_6)_2\text{O} \cdot 2 \text{ Sb}_2\text{O}_3 \cdot 10 \text{ WO}_3 \cdot 6 \text{ H}_2\text{O}$. A. Rosenheim, A. Wolff, 193, 64.

— Guanidiniumsalz: $6 (\text{CN}_3\text{H}_6)_2\text{O} \cdot \text{Sb}_2\text{O}_3 \cdot 18 \text{ WO}_3 \cdot 31 \text{ H}_2\text{O}$. A. Rosenheim, A. Wolff, 193, 64.

— Kaliumsalz: $3 \text{ K}_2\text{O} \cdot 2 \text{ Sb}_2\text{O}_3 \cdot 10 \text{ WO}_3 \cdot 6 \text{ H}_2\text{O}$. A. Rosenheim, A. Wolff, 193, 64.

— Kaliumsalz: $8 \text{ K}_2\text{O} \cdot \text{Sb}_2\text{O}_3 \cdot 19 \text{ WO}_3 \cdot 37 \text{ H}_2\text{O}$. A. Rosenheim, A. Wolff, 193, 64.

Wolframsäure-arsenite (W^{VI}). Ammoniumsalz: $3,5 (\text{NH}_4)_2\text{O} \cdot \text{As}_2\text{O}_3 \cdot 18 \text{ WO}_3 \cdot 45 \text{ H}_2\text{O}$. A. Rosenheim, A. Wolff, 193, 64.

— Guanidiniumsalz: $5 (\text{CN}_3\text{H}_6)_2\text{O} \cdot \text{As}_2\text{O}_3 \cdot 18 \text{ WO}_3 \cdot 41 \text{ H}_2\text{O}$. A. Rosenheim, A. Wolff, 193, 64.

— Kaliumsalz: $7 \text{ K}_2\text{O} \cdot \text{As}_2\text{O}_3 \cdot 18 \text{ WO}_3 \cdot 24 \text{ H}_2\text{O}$. A. Rosenheim, A. Wolff, 193, 64.

Wolframsäure-phosphite (W^V). Ammoniumsalz: $2 (\text{NH}_4)_2\text{O} \cdot \text{P}_2\text{O}_3 \cdot 12 \text{ WO}_3 \cdot 33 \text{ H}_2\text{O}$. A. Rosenheim, A. Wolff, 193, 64.

— Kaliumsalz: $4 \text{ K}_2\text{O} \cdot \text{P}_2\text{O}_3 \cdot 12 \text{ WO}_3 \cdot 34 \text{ H}_2\text{O}$. A. Rosenheim, A. Wolff, 193, 64.

— Natriumsalz: $4 \text{ Na}_2\text{O} \cdot \text{P}_2\text{O}_3 \cdot 12 \text{ WO}_3 \cdot 33 \text{ H}_2\text{O}$. A. Rosenheim, A. Wolff, 193, 64.

Z.

Zähigkeit v. Geraninsäure-Kolloidlsgg. S. Liepatoff, L. Korobowa, 194, 369.

Zink. Einw. a. *Per*-Rhenat. F. Krauss, H. Steinfeld, 193, 385.

— Legg., bin., m. Gold; Härte, el. Leitverm. P. Saldau, 194, 1.

— Legg., bin., m. Sn u. Cd; Härte b. versch. Tempp. W. Schischokin, W. Agejewa, 193, 237.

— Legg., bin., m. Zinn; Härte, Fließdruck, el. Leitverm. P. Saldau, 194, 1.

Zink-2-Kalium-2-sulfat-6-Hydrat. O. Aschan, 194, 139.

Zink-2-Natrium-2-sulfat-6-Hydrat. O. Aschan, 194, 139.

Zink-*para*-wolframat-Hydrat, $5 \text{ ZnO} \cdot 12 \text{ WO}_3 \cdot 35 \text{ H}_2\text{O}$. A. Rosenheim, A. Wolff, 193, 47.

Zinn. Gleichgew., het., d. Rk.: $\text{Sn} + \text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons \text{SnS} + \text{H}_2$. E. V. Britzke, A. F. Kapustinsky, 194, 323.

— Legg., bin., m. Bi, Cd, Pb od. Zn; Härte b. versch. Tempp. W. Schischokin, W. Agejewa, 193, 237.

— Legg., bin., m. Blei; Härte, Fließdruck, Leitverm., el. P. Saldau, 194, 1.

— Legg., bin., m. Zink; Härte, Fließdruck, el. Leitverm. P. Saldau, 194, 1.

— Polymorphie. P. Saldau, 194, 1.

Zinn-4-äthylat-2-Äthylalkohol. Darst., Hydrolyse. P. A. Thiessen, O. Koerner, 195, 83.

Zinn-4-chlorid-2-Äthylalkohol. P. A. Thiessen, O. Koerner, 195, 83.

Zinn-4-hydroxyd s. Zinn-2-oxyd-Hydrate.

Zinn-1-oxyd. Verdampfung, Zerfall i. Sn u. SnO_2 ; Rk. d. festen SnO u. d. Dampfes m. CaO, BaO, SrO. S. Tamaru, H. Sakurai, 195, 24.

— Zwischenprod. d. Stannatbldg. a. SnO_2 u. CaO; Gleichgew. d. Oxydation u. Reduktion. S. Tamaru, N. Andô, 195, 309.

Zinn-2-oxyd. Rk. m. CaO i. Ggw. v. Katalysatoren; Rk.-mechanismus d. Stannatbldg.; Gleichgew. d. Reduktion. S. Tamaru, N. Andô, 195, 309.

Zinn-2-oxyd-0,5-Hydrat. Dampfdruck. P. A. Thiessen, O. Koerner, 195, 83.

Zinn-2-oxyd-1-Hydrat. Dampfdruck, Entwässerung. P. A. Thiessen, O. Koerner, 195, 83.

Zinn-2-oxyd-1,5-Hydrat. Dampfdruck, Entwässerung. P. A. Thiessen, O. Koerner, 195, 83.

Zinn-2-oxyd-1,75-Hydrat. Dampfdruck, Entwässerung. P. A. Thiessen, O. Koerner, 195, 83.

- Zinn-2-oxyd-2-Hydrat.** Dampfdruck, Entwässerung. P. A. Thiessen, O. Koerner, 195, 83.
- Zinn-2-oxyd-2,5-Hydrat.** Dampfdruck, Entwässerung. P. A. Thiessen, O. Koerner, 195, 83.
- Zinn-1-sulfid.** Dampfdruck, Bldgs.-wärme, Gleichgew. d. Rk.: $\text{SnS} + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{Sn} + \text{H}_2\text{S}$. E. V. Britzke, A. F. Kapustinsky, 194, 323.
— Einw. a. CaO, SrO, BaO. S. Tamaru, Y. Tanaka, 195, 35.
- Meta-Zinnsäure** s. Zinn-2-oxyd-1-Hydrat.
- Ortho-Zinnsäure** s. Zinn-2-oxyd-2-Hydrat.
- Pyro-Zinnsäure** s. Zinn-2-oxyd-1,5-Hydrat.
- Zinnsäure-Äthylester** s. Äthylstannat.
- Zirkon-2-sulfat.** Dampfdruck, therm. Zerfall. G. v. Hevesy, E. Cremer, 195, 339.
- Zustandsdiagramm** d. Erstarrung v. tern. Eisen-Phosphor-Siliciumlegg. W. Hummitzsch, F. Sauerwald, 194, 113.
- d. Magnesium-Cadmiumlegg. G. Grube, E. Schiedt, 194, 190.
- d. Magnesium-Cadmiumlegg. auf Grund v. Röntgenuntersuchungen. U. Dehlinger, 194, 223.
- d. Schmelzens v. bin. Systst. d. Calcium-Natriumsilicat-glassätze. G. Tammann, W. Oelsen, 193, 245.
- d. Silber-Barium- u. Silber-Strontiumlegg. F. Weibke, 193, 297.

Manuskriptsendungen sind unter der Anschrift

Professor Dr. G. Tammann, Göttingen, Schillerstr. 26

einzusenden. Der Verlag bittet, die Arbeiten in möglichst gedrängter Kürze abzufassen und die Manuskriptblätter nur auf einer Seite zu beschreiben. Die Drucklegung und Veröffentlichung der Arbeiten erfolgt in der Reihenfolge des Einlaufes.

Figuren. Alle Vorlagen zu den Kurven sind gesondert vom Text auf glattem Papier möglichst mit hellblauem Millimeternetz (Koordinatenpapier) einzureichen (Kurven und Koordinatenlinien am besten mit Tusche ausgezogen, Beschriftung nur mit Bleistift eingetragen). Die Vorlagen sind zweckmäßigerweise in einfacher bis doppelter Größe (doppelte Länge der Koordinaten), in der die Wiedergabe in der Zeitschrift gewünscht wird, auszuführen. Wenn die graphisch dargestellten experimentellen Bestimmungen Fehler haben, die höchstens ein Prozent des gemessenen Wertes ausmachen, so ist neben der graphischen Darstellung eine Wiedergabe der Messungen in Tabellenform nicht nötig. Zeichnungen von Apparaten müssen ebenfalls auf glattem Papier, aber ohne Millimeternetz geliefert werden. Jeder Figur (sowohl von Kurven, wie von Apparaten und Abbildungen) muß eine Unterschrift beigelegt sein, so daß die Figur unabhängig vom Text der Abhandlung wieder erkennbar ist.

Anmerkungen: Der Name des im Text genannten Autors ist zu wiederholen. Die Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie ist mit „Z. anorg. u. allgem. Chem.“ zu zitieren, nicht mit „diese Zeitschrift“.

Klischees. Wenn von seiten der Herren Autoren der Zeitschrift f. anorg. u. allg. Chemie für den Druck ihrer Arbeiten Klischees zur Verfügung gestellt werden, so sind dieselben direkt an die

Buchdruckerei Metzger & Wittig in Leipzig C 1, Hohe Strasse 1,
zu senden.

Sonderabzüge. Jedem Autor werden 50 Sonderabzüge mit Umschlag umsonst geliefert. Mehr gewünschte Sonderabzüge werden

bei einem Umfange bis zu $\frac{1}{2}$ Bogen mit je 15 Pfg.,

bei einem Umfange bis zu 1 Bogen mit je 20 Pfg.,

Umschlag mit je 5 Pfg. berechnet.

Anschrift des Verlages: Leopold Voss, Leipzig C 1, Salomonstr. 18b.

PROSPEKTE

betr. wissenschaftliche Apparate u. Instrumente, Maschinen, Hilfsmaterialien, säurefestes Steinzeug, Roh- u. Hilfsstoffe usw. für die chemische Industrie, die wissenschaftlichen u. Lehrinstitute, öffentliche, Industrie- u. private Laboratorien

finden aufmerksamste Beachtung

Anfragen nach der Versandgebühr und den sonstigen Bedingungen unter Beifügung eines vollständigen Flugblattes an den Verlag erbeten.

Im Zoologischen Institut der Universität Jena (Schiller-
gäßchen) findet vom 5. bis 11. März 1931 der

X. F E R I E N K U R S

in Spektroskopie, Interferometrie und Refraktometrie

statt, veranstaltet von Prof. Dr. P. HIRSCH, Oberursel i. T.
und Dr. F. LÖWE, Jena. — Anmeldungen wollen bis
spätestens 1. März an Herrn A. Kramer, Jena, Schützen-
str. 72, gerichtet werden.

Neuerscheinungen:

Das Vorkommen der chemischen Elemente im Kosmos

Von **Dr. Harald von Klüber**, Astrophysikalisches Observa-
torium, Potsdam. VIII, 170 Seiten mit 12 Abbildungen im Text
und auf einer Tafel. 1931. gr. 8°. Rm. 18.—, geb. Rm. 20.—

Aus dem Inhalt: Die Elemente in den Meteoriten. — Häufigkeit der einzelnen Elemente
in den Meteoriten. — Gesteine der Mondoberfläche. — Die Atmosphären der Planeten. —
Elemente und ihre Verbindungen in den Kometen. — Elemente und ihre Verbindungen in
der Sonnenatmosphäre. — Quantitative Spektralanalyse im Sonnenspektrum und in den
Fixsternspektren. — Bisherige Ergebnisse der Spektroskopie der Fixsterne. — Statistik der
Fixsternspektren. — Chemische Verbindungen und Häufigkeit der Elemente in den Fix-
sternatmosphären. — Helle und dunkle Nebel im Weltraum.

Das Vorkommen der Elemente in der Welt und ihre relative Verteilung beansprucht immer
mehr Interesse, je deutlicher die moderne Forschung einen Entwicklungsgang auch unter
den chemischen Elementen wahrscheinlich macht.

Das vorstehende Werk gibt eine zusammenfassende Darstellung von allem, was die Astro-
physik bisher über das Auftreten der chemischen Elemente auf den Sternen und in inter-
stellaren Räumen in Erfahrung bringen konnte.

In einem weiteren Werk, das in kurzer Zeit folgen wird, werden andere Autoren das
Vorkommen der chemischen Elemente auf der Erde behandeln.

Naturwissenschaft und Weltanschauung

Festrede anlässlich des 25 jährigen Bestehens des Vereins für
Natur- und Heimatkunde in Köln a. Rh. Von **Dr. Bruno
Kisch**, o. Prof. der Physiologie an der Universität Köln a. Rh.
67 Seiten. 1931. 8°. Rm. 3.90

Die Frage nach den Beziehungen zwischen Naturwissenschaft und Weltanschauung unter
Berücksichtigung der Geschichte und unseres gegenwärtigen Wissens wird hier erörtert.
Der Begriff Weltanschauung soll hierbei zum Unterschiede vom Begriff des Weltbildes
als die grundsätzliche Einstellung des Menschen zu seinen gesamten bewußten Erfahrungen
verstanden sein.

Eine solche grundsätzliche Einstellung läßt sich letzten Endes auf eine These, die vom
Bekannter der betreffenden Weltanschauung als wahr anerkannt und als Grundlage der
betreffenden Weltanschauung mit allen bewußten Erfahrungen in Beziehung gebracht
wird, zurückführen. Sie bildet den Standpunkt, von dem aus der Mensch bewußt die
Fülle seines Erlebens ordnet.

Johann Ambrosius Barth / Verlag / Leipzig

Mit einer Beilage der Firma Otto Spamer, Verlagsbuchhandlung, Leipzig C 1
Verantwortlich für den Anzeigenteil: Bernhard v. Ammon, Leipzig C 1, Salomonstr. 18 b
Printed in Germany Metzger & Wittig, Leipzig

